

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-57677

(P2001-57677A)

(43) 公開日 平成13年2月27日 (2001.2.27)

| (51) Int.Cl. <sup>7</sup> | 識別記号 | F I           | テ-マコ-ト* (参考) |
|---------------------------|------|---------------|--------------|
| H 0 4 N 7/30              |      | H 0 4 N 7/133 | Z            |
| G 0 6 T 5/00              |      | 5/262         |              |
| H 0 4 N 1/409             |      | G 0 6 F 15/68 | 3 5 0        |
| 5/262                     |      | H 0 4 N 1/40  | 1 0 1 C      |

審査請求 未請求 請求項の数33 O L (全 24 頁)

(21) 出願番号 特願平11-363766

(22) 出願日 平成11年12月22日 (1999. 12. 22)

(31) 優先権主張番号 特願平11-163671

(32) 優先日 平成11年6月10日 (1999. 6. 10)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000005201

富士写真フイルム株式会社

神奈川県南足柄市中沼210番地

(72) 発明者 山田 雅彦

神奈川県足柄上郡開成町宮台798番地 富

士写真フイルム株式会社内

(74) 代理人 100073184

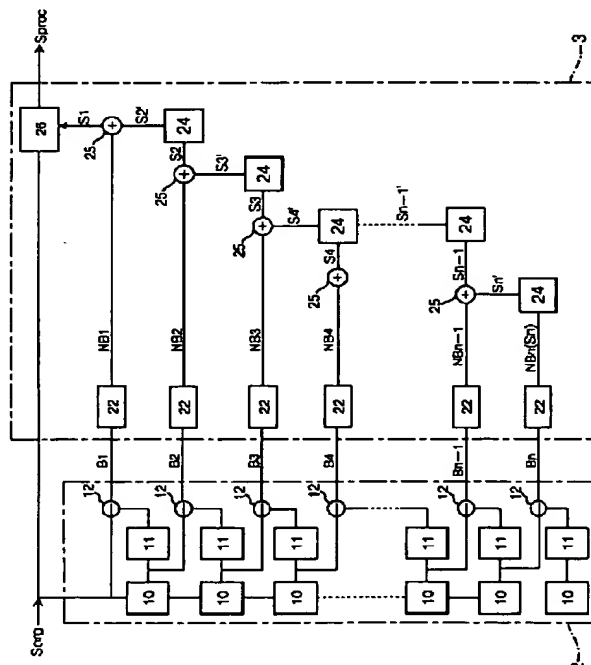
弁理士 柳田 征史 (外1名)

(54) 【発明の名称】 画像処理方法および装置並びに記録媒体

(57) 【要約】

【課題】 原画像信号から帯域制限画像信号を作成してノイズ除去処理を行なう際に、ノイズ除去の程度を簡易に変更する。

【解決手段】 帯域制限画像信号作成手段2において、原画像信号  $S_{org}$  の各周波数帯域毎の周波数応答特性を表す帯域制限画像信号  $B_k$  ( $k=1 \sim n$ ) を作成する。各帯域制限画像信号  $B_k$  からノイズ分離手段22においてノイズ成分を分離してノイズ帯域制限画像信号  $NB_k$  を得、これを最低周波数帯域から順次再構成してノイズ信号  $S_1$  を得る。このノイズ信号  $S_1$  に所定の強調係数を乗算して原画像信号  $S_{org}$  から減算し、処理済み画像信号  $S_{proc}$  を得る。



**【特許請求の範囲】**

【請求項 1】 原画像を表す原画像信号に対して、前記原画像のノイズを低減する画像処理を施す画像処理方法において、

前記原画像信号から帯域制限画像信号を作成し、作成した帯域制限画像信号に基づいて、前記原画像信号と同一画素数のノイズ信号を得、該ノイズ信号に基づいて、前記原画像信号のノイズ成分を除去することを特徴とする画像処理方法。

【請求項 2】 前記原画像信号を多重解像度変換することにより前記帯域制限画像信号を作成し、該帯域制限画像信号からノイズ成分を分離してノイズ帯域制限画像信号を得、該ノイズ帯域制限画像信号を逆多重解像度変換することにより前記ノイズ信号を得ることを特徴とする請求項 1 記載の画像処理方法。

【請求項 3】 前記多重解像度変換は、ラプラシアンピラミッド分解による変換、またはウェーブレット変換であることを特徴とする請求項 2 記載の画像処理方法。

【請求項 4】 前記ノイズ信号の取得を、アイリスフィルタによるフィルタリング処理に基づいて行なうことを特徴とする請求項 1 から 3 いずれか 1 項記載の画像処理方法。

【請求項 5】 前記帯域制限画像信号により表される帯域制限画像の各画素における画素ベクトルを算出し、前記ノイズ信号の取得を、該画素ベクトルに基づいて行なうことを特徴とする請求項 1 から 3 いずれか 1 項記載の画像処理方法。

【請求項 6】 前記各画素の近傍の画素における画素ベクトルにも基づいて、前記ノイズ信号を取得することを特徴とする請求項 5 記載の画像処理方法。

【請求項 7】 一の周波数帯域における帯域制限画像の一の画素における画素ベクトルを、該一の周波数帯域よりも低周波数帯域の画像における前記一の画素に対応する画素の画素ベクトルに基づいて修正し、前記画素ベクトルの代わりに、該修正された画素ベクトルに基づいて、前記ノイズ信号を取得することを特徴とする請求項 5 または 6 記載の画像処理方法。

【請求項 8】 一の周波数帯域における帯域制限画像の一の画素を含む所定領域の分散値を算出し、該分散値に基づいて前記一の画素の画素ベクトルを修正するか否かを判断し、前記一の画素の画素ベクトルを修正すると判断された場合は、該一の画素における画素ベクトルを、前記一の周波数帯域よりも低周波数帯域の画像における前記一の画素に対応する画素の画素ベクトルに基づいて修正し、前記画素ベクトルの代わりに、該修正された画素ベクトルに基づいて、前記ノイズ信号を取得することを特徴とする請求項 5 または 6 記載の画像処理方法。

【請求項 9】 前記画素ベクトルに基づいて前記帯域制限画像信号を平滑化して平滑化帯域制限画像信号を

得、

前記画素ベクトルの代わりに、該平滑化帯域制限画像信号に基づいて前記ノイズ信号を取得することを特徴とする請求項 5 または 6 記載の画像処理方法。

【請求項 10】 前記画素ベクトルの代わりに、請求項 7 または 8 記載の方法を用いて修正された画素ベクトルに基づいて、前記平滑化帯域制限画像信号を得ることを特徴とする請求項 9 記載の画像処理方法。

【請求項 11】 前記原画像信号および前記ノイズ信号を記憶し、前記ノイズ成分を除去する度合いを示すパラメータの設定値が変更されたときには、前記原画像信号およびノイズ信号を読み出し、この読み出した原画像信号およびノイズ信号と変更された前記パラメータとに基づいて前記原画像信号のノイズ成分を除去することを特徴とする請求項 1 から 10 いずれか 1 項記載の画像処理方法。画像処理方法。

【請求項 12】 原画像を表す原画像信号に対して、前記原画像のノイズを低減する画像処理を施す画像処理装置において、前記原画像信号から帯域制限画像信号を作成する帯域制限画像信号作成手段と、該帯域制限画像信号に基づいて、前記原画像信号と同一画素数のノイズ信号を得るノイズ信号取得手段と、該ノイズ信号に基づいて、前記原画像信号のノイズ成分を除去するノイズ除去手段とを備えたことを特徴とする画像処理装置。

【請求項 13】 前記帯域制限画像信号作成手段が、前記原画像信号を多重解像度変換することにより前記帯域制限画像信号を作成するものであり、前記ノイズ信号取得手段が、前記帯域制限画像信号からノイズ成分を分離してノイズ帯域制限画像信号を得、該ノイズ帯域制限画像信号を逆多重解像度変換することにより前記ノイズ信号を得るものであることを特徴とする請求項 12 記載の画像処理装置。

【請求項 14】 前記多重解像度変換は、ラプラシアンピラミッド分解による変換、またはウェーブレット変換であることを特徴とする請求項 13 記載の画像処理装置。

【請求項 15】 前記ノイズ信号取得手段は、前記ノイズ信号の取得を、アイリスフィルタによるフィルタリング処理に基づいて行なう手段であることを特徴とする請求項 12 から 14 いずれか 1 項記載の画像処理装置。

【請求項 16】 前記帯域制限画像信号により表される帯域制限画像の各画素における画素ベクトルを算出する画素ベクトル算出手段を備え、前記ノイズ信号取得手段は、前記画素ベクトル算出手段により算出された画素ベクトルに基づいて、前記ノイズ信号を取得するものであることを特徴とする請求項 12 から 14 いずれか 1 項記載の画像処理装置。

【請求項 17】 前記ノイズ信号取得手段は、前記各

画素の近傍の画素における画素ベクトルにも基づいて、前記ノイズ信号を取得するものであることを特徴とする請求項 16 記載の画像処理装置。

【請求項 18】 一の周波数帯域における帯域制限画像の一の画素における画素ベクトルを、該一の周波数帯域よりも低周波数帯域の画像における前記一の画素に対応する画素の画素ベクトルに基づいて修正する修正手段を備え、  
前記ノイズ信号取得手段は、前記画素ベクトルの代わりに、前記修正された画素ベクトルに基づいて前記ノイズ信号を取得するものであることを特徴とする請求項 16 または 17 記載の画像処理装置。

【請求項 19】 一の周波数帯域における帯域制限画像の一の画素を含む所定領域の分散値を算出する分散値算出手段と、  
該分散値に基づいて前記一の画素の画素ベクトルを修正するか否かを判断する判断手段と、  
前記一の画素の画素ベクトルを修正すると判断された場合は、該一の画素における画素ベクトルを、前記一の周波数帯域よりも低周波数帯域の画像における前記一の画素に対応する画素の画素ベクトルに基づいて修正する修正手段とを備え、  
前記ノイズ信号取得手段は、前記画素ベクトルの代わりに、前記修正された画素ベクトルに基づいて、前記ノイズ信号を取得するものであることを特徴とする請求項 16 または 17 記載の画像処理装置。

【請求項 20】 前記画素ベクトルに基づいて前記帯域制限画像信号を平滑化して平滑化帯域制限画像信号を得る平滑化手段を備え、  
前記ノイズ信号取得手段は、前記画素ベクトルの代わりに、前記平滑化帯域制限画像信号に基づいて前記ノイズ信号を取得するものであることを特徴とする請求項 16 または 17 記載の画像処理装置。

【請求項 21】 前記平滑化手段が、前記画素ベクトルの代わりに、請求項 18 または 19 記載の修正手段により修正された画素ベクトルに基づいて、前記平滑化帯域制限画像信号を得るものであることを特徴とする請求項 20 記載の画像処理装置。

【請求項 22】 前記原画像信号を記憶する第 1 の記憶手段と、前記ノイズ信号取得手段により取得されたノイズ信号を記憶する第 2 の記憶手段と、前記ノイズ成分を除去する度合いを示すパラメータを前記ノイズ除去手段に対して設定するためのパラメータ設定手段とをさらに備え、

前記ノイズ除去手段が、前記パラメータ設定手段により前記パラメータの設定値が変更されたときには、前記第 1 の記憶手段から原画像信号を読み出すとともに、前記第 2 の記憶手段からノイズ信号を読み出し、この読み出した原画像信号およびノイズ信号と変更された前記パラメータとに基づいて前記ノイズ除去済画像信号を生成す

るものであることを特徴とする請求項 12 から 21 いずれか 1 項記載の画像処理装置。

【請求項 23】 原画像を表す原画像信号に対して、前記原画像のノイズを低減する画像処理を施す画像処理方法をコンピュータに実行させるためのプログラムを記録したコンピュータ読取り可能な記録媒体において、前記プログラムは、前記原画像信号から帯域制限画像信号を作成する手順と、作成した帯域制限画像信号に基づいて、前記原画像信号と同一画素数のノイズ信号を得る手順と、

該ノイズ信号に基づいて、前記原画像信号のノイズ成分を除去する手順とを有することを特徴とするコンピュータ読取り可能な記録媒体。

【請求項 24】 前記帯域制限画像信号を作成する手順は、前記帯域制限画像信号の作成を前記原画像信号を多重解像度変換することにより行なう手順であり、  
前記ノイズ信号を得る手順は、前記ノイズ信号の取得を、前記帯域制限画像信号からノイズ成分を分離してノイズ帯域制限画像信号を得、該ノイズ帯域制限画像信号を逆多重解像度変換することにより行なう手順であることを特徴とする請求項 23 記載のコンピュータ読取り可能な記録媒体。

【請求項 25】 前記帯域制限画像信号を作成する手順は、前記多重解像度変換を、ラプラシアンピラミッド分解による変換またはウェーブレット変換により行なう手順であることを特徴とする請求項 24 記載のコンピュータ読取り可能な記録媒体。

【請求項 26】 前記ノイズ帯域制限画像信号を得る手順は、前記ノイズ信号の取得を、アイリスフィルタによるフィルタリング処理に基づいて行なう手順であることを特徴とする請求項 23 から 25 いずれか 1 項記載のコンピュータ読取り可能な記録媒体。

【請求項 27】 前記帯域制限画像信号により表される帯域制限画像の各画素における画素ベクトルを算出する手順をさらに有し、  
前記ノイズ帯域制限画像信号を得る手順は、前記ノイズ成分の分離を、該画素ベクトルに基づいて行なう手順であることを特徴とする請求項 23 から 25 いずれか 1 項記載のコンピュータ読取り可能な記録媒体。

【請求項 28】 前記ノイズ帯域制限画像信号を得る手順は、前記ノイズ信号の取得を、前記各画素の近傍の画素における画素ベクトルにも基づいて行なう手順であることを特徴とする請求項 27 記載のコンピュータ読取り可能な記録媒体。

【請求項 29】 一の周波数帯域における帯域制限画像の一の画素における画素ベクトルを、該一の周波数帯域よりも低周波数帯域の画像における前記一の画素に対応する画素の画素ベクトルに基づいて修正する手順をさらに有し、  
前記ノイズ帯域制限画像信号を得る手順は、前記ノイズ

信号の取得を、前記画素ベクトルの代わりに、該修正された画素ベクトルに基づいて行なう手順であることを特徴とする請求項 27 または 28 記載のコンピュータ読取り可能な記録媒体。

【請求項 30】 一の周波数帯域における帯域制限画像の一の画素を含む所定領域の分散値を算出する手順と、

該分散値に基づいて前記一の画素の画素ベクトルを修正するか否かを判断する手順と、

前記一の画素の画素ベクトルを修正すると判断された場合は、該一の画素における画素ベクトルを、前記一の周波数帯域よりも低周波数帯域の画像における前記一の画素に対応する画素の画素ベクトルに基づいて修正する手順とをさらに有し、

前記ノイズ帯域制限画像信号を得る手順は、前記ノイズ信号の取得を、前記画素ベクトルの代わりに、該修正された画素ベクトルに基づいて行なう手順であることを特徴とする請求項 27 または 28 記載のコンピュータ読取り可能な記録媒体。

【請求項 31】 前記画素ベクトルに基づいて前記帯域制限画像信号を平滑化して平滑化帯域制限画像信号を得る手順をさらに有し、

前記ノイズ帯域制限画像信号を得る手順は、前記ノイズ信号の取得を、前記画素ベクトルの代わりに、該平滑化帯域制限画像信号に基づいて行なう手順であることを特徴とする請求項 27 または 28 記載のコンピュータ読取り可能な記録媒体。

【請求項 32】 前記平滑化帯域制限画像信号を得る手順は、前記画素ベクトルの代わりに、請求項 29 または 30 記載の手順にしたがって修正された画素ベクトルに基づいて前記平滑化帯域制限画像信号を得る手順であることを特徴とする請求項 31 記載のコンピュータ読取り可能な記録媒体。

【請求項 33】 前記原画像信号および前記ノイズ信号を所定の記憶手段に記憶させる手順と、前記ノイズ成分を除去する度合いを示すパラメータを設定する手順とをさらに有し、

前記ノイズ成分を除去する手順は、前記パラメータの設定値が変更されたときには、前記原画像信号およびノイズ信号を前記所定の記憶手段から読み出し、この読み出した原画像信号およびノイズ信号と変更された前記パラメータとに基づいて前記原画像信号のノイズ成分を除去する手順であることを特徴とする請求項 23 から 32 いずれか 1 項 31 記載のコンピュータ読取り可能な記録媒体。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、原画像信号に対してノイズを除去する処理を施す画像処理方法および装置並びに画像処理方法をコンピュータに実行させるための

プログラムを記録したコンピュータ読取り可能な記録媒体に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 画像処理の分野においては、画像信号に対して各周波数帯域毎に異なる画像処理を施すような場合に、画像信号を周波数帯域毎に分類する手段としてウェーブレット変換やラプラシアンピラミッドの手法が用いられている。ここで画像処理としては、例えばノイズ除去のための高周波の分離、さらにはノイズの多い周波数帯域のデータを削減することによる圧縮処理などが挙げられる。本出願人も、ウェーブレット変換を用いて画像中のエッジ成分のみを強調する等の画像処理を行なうようにした画像処理方法を種々提案している（例えば特開平 6-274615 号、特開平 6-350989 号等）。

【0003】 一方、ラプラシアンピラミッドなる方法は例えば特開平 5-244508 号、特開平 6-96200、特開平 6-301766 号等に記載されており、このラプラシアンピラミッドは、原画像に対してガウス関数で近似されたようなマスクによりマスク処理を施した後、画像をサブサンプリングして画素数を間引いて半分にすることにより、原画像の  $1/4$  のサイズのボケ画像を得、このボケ画像のサンプリングされた画素に値が 0 の画素を補間して元の大きさの画像に戻し、この画像に対してさらに上述したマスクによりマスク処理を施してボケ画像を得、このボケ画像を原画像から減算して、原画像信号のある限られた周波数帯域の周波数成分を表す、すなわち原画像の複数の周波数帯域毎の周波数応答特性を表す帯域制限画像信号（バンドパス信号）を得るものである。この処理を得られたボケ画像に対して繰り返すことにより原画像の  $1/2^{2N}$  のサイズを有する帯域制限画像信号を  $N$  個作成するものである。なお、最低周波数帯域のボケ画像は原画像の低周波成分を表すものとなる。

【0004】 ここで、放射線画像においては、放射線量が少なく濃度が低い部分において、放射線の量子ノイズが目立ってしまう。このため、上記特開平 6-96200 号においては、放射線画像をラプラシアンピラミッドにより複数の周波数帯域の画像に分解して各周波数帯域毎の帯域制限画像信号を得、各帯域制限画像信号の局所分散値を算出し、この局所分散値の大きさに応じて帯域制限画像信号に対してノイズ成分を除去する処理を施し、処理を施した後の帯域制限画像信号を最低周波数帯域のボケ画像を表すボケ画像信号とともに再構成することにより、画像中の周波数帯域に応じたノイズ成分が低減された処理済み画像信号を得るようにした方法が提案されている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】 上記特開平 6-96200 号に記載された方法においては、各周波数帯域の帯域制限画像信号に対してノイズ成分を除去する処理を施しているため、ノイズを除去し過ぎたり、ノイズの除去の程度

が不足していた場合には、再度帯域制限画像信号に対してノイズ除去の程度を変更した後に画像を再構成する必要がある、この結果、再処理には長時間を要するものとなる。したがって、CRTを観察しながらノイズ除去の程度を種々変更して適切にノイズ除去がなされた画像を得るような場合には、処理が施された画像が再生されるまでに長時間を要するものとなり、オペレータのストレスが大きい。

【0006】本発明は上記事情に鑑みなされたものであり、原画像からノイズ成分を適切に除去することができる画像処理方法および装置並びに画像処理方法をコンピュータに実行させるためのプログラムを記録したコンピュータ読取り可能な記録媒体を提供することを目的とするものである。

【0007】

【課題を解決するための手段】本発明による画像処理方法は、原画像を表す原画像信号に対して、前記原画像のノイズを低減する画像処理を施す画像処理方法において、原画像信号から帯域制限画像信号（少なくとも1つであればよい）を作成し、作成した帯域制限画像信号に基づいて原画像信号と同一画素数のノイズ信号を得、該ノイズ信号に基づいて原画像信号のノイズ成分を除去することを特徴とするものである。

【0008】ここで、「原画像信号と同一画素数」とは、原画像信号により表される画像とノイズ信号により表されるノイズ画像の画像サイズが同一であることをいう。

【0009】また、「ノイズ信号に基づいて、原画像信号のノイズ成分を除去する」とは、再生画像に含まれるノイズ成分が低減されるようにすることを意味し、例えば、原画像信号からノイズ成分、あるいはノイズ成分に所定のノイズ抑制レベルを表す係数を乗算したものを減算するなどして、原画像信号のノイズ成分を除去するとよい。なお、前記係数は原画像信号の信号値に依存して変更してもよい。

【0010】本発明による画像処理方法においては、前記原画像信号を多重解像度変換することにより帯域制限画像信号を作成し、該帯域制限画像信号からノイズ成分を分離してノイズ帯域制限画像信号を得、該ノイズ帯域制限画像信号を逆多重解像度変換することにより前記ノイズ信号を得るものとすることができる。なお、逆多重解像度変換は、前記多重解像度変換に対応するものであって、この逆多重解像度変換を施すことにより、元の信号を復元（可逆／非可逆のいずれでもよい）することができるものであるというまでもない。

【0011】ここで、「原画像信号を多重解像度変換することにより帯域制限画像信号を作成」するに際しては、ラプラシアンピラミッドの手法によるラプラシアンピラミッド分解により、あるいはウェーブレット変換により原画像信号を複数の周波数帯域毎の周波数応答特性

を表す信号に変換する方法などを用いることができる。この場合、「逆多重解像度変換」としては、ラプラシアンピラミッド分解により帯域制限画像信号を得た場合はラプラシアンピラミッド再構成の方法が用いられ、ウェーブレット変換により帯域制限画像信号を得た場合は逆ウェーブレット変換が用いられるのはいうまでもない。

【0012】また、「ノイズ帯域制限画像信号」とは、帯域制限画像信号に含まれるノイズ成分のみを表す信号のことをいう。

【0013】また、本発明による画像処理方法においては、前記ノイズ信号の取得を、アイリスフィルタによるフィルタリング処理に基づいて行なうことが好ましい。

【0014】また、本発明による画像処理方法においては、帯域制限画像信号により表される帯域制限画像の各画素における画素ベクトルを算出し、ノイズ信号の取得を、該画素ベクトルに基づいて行なうこともできる。

【0015】ここで「画素ベクトル」は、周波数帯域画像のある画素を注目画素とした場合、注目画素の画素値の傾斜方向および傾斜の大きさを表すものである。「画素ベクトル」を求めるに際しては、例えば、注目画素を中心とする複数の方向に対して、注目画素の画素値とその近傍の画素の画素値（近傍画素をある方向にある複数の画素とした場合はその平均値）との差を求め、その差が最も大きい方向あるいは最も小さい方向を決定し、その方向およびその差に基づいて画素ベクトルを算出するとよい。

【0016】ここで、差が最も大きい方向を画素ベクトルとした場合はその画素ベクトルは信号勾配の方向を表し、差が最も小さい方向を画素ベクトルとした場合はその画素ベクトルは等信号線の方向を表すものとなる。なお、信号勾配の方向に画素ベクトルを求めた場合、その大きさを注目画素とその近傍画素の画素値の差とすれば、画素ベクトルが大きいほどその画素ベクトルを求めた画素はエッジ成分にあるものとなり、画素ベクトルが小さいほどその画素ベクトルを求めた画素は平坦部にあるものと見なせる。逆に、信号勾配の方向に画素ベクトルを求めた場合に、その大きさを注目画素とその近傍画素の画素値の差の逆数とすれば、画素ベクトルが小さいほどその画素ベクトルを求めた画素はエッジ成分にあるものとなり、画素ベクトルが大きいほどその画素ベクトルを求めた画素は平坦部にあるものと見なせる。

【0017】さらに、等信号線方向に画素ベクトルを求めた場合、その大きさを注目画素とその近傍画素の画素値の差とすれば、画素ベクトルが小さいほどその画素ベクトルを求めた画素はエッジ成分にあるものとなり、画素ベクトルが大きいほどその画素ベクトルを求めた画素は平坦部にあるものと見なせる。逆に等信号線方向に画素ベクトルを求めた場合に、その大きさを注目画素とその近傍画素の画素値の差の逆数とすれば、画素ベクトルが大きいほどその画素ベクトルを求めた画素はエッジ成

分にあるものとなり、画素ベクトルが小さいほどその画素ベクトルを求めた画素は平坦部にあるものと見なせる。

【0018】なお、画素ベクトルの方向としては差が最も大きい方向と2番目に差が大きい方向、あるいは差が最も小さい方向と2番目に差が小さい方向の2種類のを求めてもよく、この場合、画素ベクトルは2つのベクトルからなるものとなる。

【0019】さらに、ある注目画素について画素ベクトルを等信号線方向に求め、画素ベクトルの大きさを上記差の逆数とした場合、上述したように画素ベクトルが大きいほどその注目画素はエッジにあり、画素ベクトルが小さいほどその注目画素は濃度が平坦な部分にあると見なすことができ、平坦な部分においてはその画素はノイズと見なすことができる。

【0020】以上のことから、「画素ベクトルに基づいてノイズ信号を取得する」に際しては、画素ベクトルの方向および／または大きさに応じて、その画素がエッジにあるか平坦部にあるかを判断し、その判断結果に応じて、帯域制限画像信号からノイズ信号を取得（ノイズ成分を分離）するとよいということが判る。

【0021】なお、「帯域制限画像信号からノイズ信号を取得」するに際しては、例えば、画素ベクトルの大きさに基づいて、帯域制限画像信号のノイズ成分およびエッジ成分を分離し、帯域制限画像信号に対して、ノイズ成分に対する平滑化処理および／またはエッジ成分に対する強調処理を施して処理済帯域制限画像信号を得、該処理済帯域制限画像信号を用いて平滑化前の帯域制限画像信号に含まれるノイズ信号を取得するとよい。ここで、「ノイズ成分に対する平滑化処理」とはノイズ成分に対応する画素の画素値を小さくする処理であり、「エッジ成分に対する強調処理」とはエッジ成分に対応する画素の画素値を大きくする処理である。

【0022】なお、このように画素ベクトルに基づいてノイズ信号を取得する場合においては、各画素の近傍の画素における画素ベクトル（周辺画素ベクトル）を算出し、この算出した周辺画素ベクトルにも基づいてノイズ信号を取得することが好ましい。

【0023】また、画素ベクトルを算出する場合においては、一の周波数帯域における帯域制限画像の一の画素における画素ベクトルを、該一の周波数帯域よりも低周波数帯域の画像における前記一の画素に対応する画素の画素ベクトルに基づいて修正し、画素ベクトルの代わりに、該修正された画素ベクトルに基づいて、ノイズ信号を取得することが望ましい。

【0024】ここで、「画素ベクトルを修正する」とは、一の周波数帯域における一の画素の画素ベクトルの方向を、一の周波数帯域よりも低周波数帯域における一の画素に対応する画素の画素ベクトルの方向と一致させることをいう。

【0025】さらに、画素ベクトルを算出する場合においては、一の周波数帯域における帯域制限画像の一の画素を含む所定領域の分散値を算出し、該分散値に基づいて前記一の画素の画素ベクトルを修正するか否かを判断し、前記一の画素の画素ベクトルを修正すると判断された場合は、該一の画素における画素ベクトルを、前記一の周波数帯域よりも低周波数帯域の画像における前記一の画素に対応する画素の画素ベクトルに基づいて修正し、画素ベクトルの代わりに、該修正された画素ベクトルに基づいて、ノイズ信号を取得することが望ましい。

【0026】ここで、「分散値」とは、上記所定領域の分散値のみならず、画素ベクトルを算出した際の注目画素とその近傍の画素との差分値であってもよい。また、この差分値としては、例えば注目画素近傍8画素から画素ベクトルを求めた場合は、注目画素と近傍8画素の差の和、あるいはこの差の平均値等としてもよい。

【0027】また、「分散値に基づいて前記一の画素の画素ベクトルを修正するか否かを判断する」とは、ある画素を含む所定領域の分散値が他の領域における分散値よりも小さい場合にはそこを平坦部と見なして低周波数帯域の画像を参照せず、分散値が大きい場合は低周波数帯域の画像を参照するよう判断することをいう。

【0028】また、「画素ベクトルを修正する」とは、上述同様に、一の周波数帯域における一の画素の画素ベクトルの方向を、一の周波数帯域よりも低周波数帯域における一の画素に対応する画素の画素ベクトルの方向と一致させることをいう。

【0029】なお、「画素ベクトルを修正する」に際しては、周辺画素ベクトルも修正の対象としてもよい。

【0030】また、本発明による画像処理方法においては、画素ベクトルに基づいて帯域制限画像信号を平滑化して平滑化帯域制限画像信号を得、画素ベクトルの代わりに、該平滑化帯域制限画像信号に基づいてノイズ信号を取得することもできる。

【0031】この場合、画素ベクトルの代わりに、前述の各方法を用いて修正された画素ベクトルに基づいて、平滑化帯域制限画像信号を得ることが望ましい。

【0032】ここで「画素ベクトルに基づいて帯域制限画像信号を平滑化」とは、画素ベクトル、特に画素ベクトルの方向に基づいて、エッジ成分が保存されつつエッジ成分に含まれるノイズ（エッジ上のノイズ）が抑制されるように帯域制限画像信号を平滑化することを意味する。例えば、画素ベクトルが等信号線方向のベクトルの場合、画素ベクトルを求めた注目画素とそのベクトル方向にある画素さらにはベクトル方向とは反対側にある画素とを用いて平滑化するとよい。また「平滑化」に際しては、画素ベクトル方向にある画素の画素値の平均値を求める方法や、平滑化フィルタを用いて平滑化する方法などを用いることができる。

【0033】また「平滑化帯域制限画像信号に基づいて

ノイズ信号を取得する」に際しては、平滑化帯域制限画像信号を用いて平滑化前の帯域制限画像信号に含まれるノイズ成分を分離してノイズ信号を取得するものである。限りどのような方法を用いてもよく、例えば平滑化前の帯域制限画像信号から平滑化帯域制限画像信号を減算してノイズ信号（ノイズ帯域制限画像信号）を得るとよい。また、画素ベクトルの大きさに基づいて、平滑化帯域制限画像信号のノイズ成分およびエッジ成分を分離した後、平滑化帯域制限画像信号に対して、ノイズ成分に対する平滑化処理および／またはエッジ成分に対する強調処理を施して処理済帯域制限画像信号を得、該処理済帯域制限画像信号を用いて平滑化前の帯域制限画像信号に含まれるノイズ信号を取得するようにしてもよい。なお前述同様に「ノイズ成分に対する平滑化処理」はノイズ成分に対応する画素の画素値を小さくする処理であり、「エッジ成分に対する強調処理」はエッジ成分に対応する画素の画素値を大きくする処理である。

【0034】また本発明による画像処理方法においては、原画像信号およびノイズ信号を記憶し、ノイズ成分を除去する度合いを示すパラメータの設定値が変更されたときには、原画像信号およびノイズ信号を読み出し、この読み出した原画像信号およびノイズ信号と変更されたパラメータとに基づいて原画像信号のノイズ成分を除去することが望ましい。

【0035】本発明による画像処理装置は、原画像を表す原画像信号に対して、前記原画像のノイズを低減する画像処理を施す画像処理装置において、原画像信号から帯域制限画像信号を作成する帯域制限画像信号作成手段と、該帯域制限画像信号に基づいて、原画像信号と同一画素数のノイズ信号を得るノイズ信号取得手段と、該ノイズ信号に基づいて、原画像信号のノイズ成分を除去するノイズ除去手段とを備えたことを特徴とするものである。

【0036】なお、本発明による画像処理装置においては、帯域制限画像信号作成手段を原画像信号を多重解像度変換することにより帯域制限画像信号を作成するものとすると共に、ノイズ信号取得手段を帯域制限画像信号からノイズ成分を分離してノイズ帯域制限画像信号を得、該ノイズ帯域制限画像信号を逆多重解像度変換することによりノイズ信号を得るものとすることができる。ここで、前記多重解像度変換は、ラプラシアンピラミッド分解による変換、またはウェーブレット変換とすることができる。

【0037】さらに、本発明による画像処理装置のノイズ信号取得手段は、前記ノイズ信号の取得を、アイリスフィルタによるフィルタリング処理により行なう手段であることが好ましい。

【0038】また、本発明による画像処理装置においては、帯域制限画像信号により表される帯域制限画像の各画素における画素ベクトルを算出する画素ベクトル算出

手段を備えたものとすると共に、ノイズ信号取得手段を、画素ベクトル算出手段により算出された画素ベクトルに基づいてノイズ信号を取得するものとするのが望ましい。

【0039】このように画素ベクトル算出手段を備えたものとする場合には、ノイズ信号取得手段は、各画素の近傍の画素における画素ベクトルにも基づいて、ノイズ信号を取得するものであることが望ましい。

【0040】また、画素ベクトル算出手段を備えたものとする場合には、一の周波数帯域における帯域制限画像の一の画素における画素ベクトルを、該一の周波数帯域よりも低周波数帯域の画像における前記一の画素に対応する画素の画素ベクトルに基づいて修正する修正手段を備えたものとすると共に、ノイズ信号取得手段を、画素ベクトルの代わりに、修正された画素ベクトルに基づいてノイズ信号を取得するものとするのが望ましい。

【0041】また、画素ベクトル算出手段を備えたものとする場合には、一の周波数帯域における帯域制限画像の一の画素を含む所定領域の分散値を算出する分散値算出手段と、該分散値に基づいて前記一の画素の画素ベクトルを修正するか否かを判断する判断手段と、前記一の画素の画素ベクトルを修正すると判断された場合は、該一の画素における画素ベクトルを、前記一の周波数帯域よりも低周波数帯域の画像における前記一の画素に対応する画素の画素ベクトルに基づいて修正する修正手段とを備えたものとすると共に、ノイズ信号取得手段を、画素ベクトルの代わりに、修正された画素ベクトルに基づいてノイズ信号を取得するものとするのが望ましい。

【0042】さらに、画素ベクトル算出手段を備えたものとする場合には、画素ベクトルに基づいて帯域制限画像信号を平滑化して平滑化帯域制限画像信号を得る平滑化手段を備えたものとすると共に、ノイズ信号取得手段を、平滑化帯域制限画像信号に基づいてノイズ信号を取得するものとすることもできる。

【0043】この場合、平滑化手段は、画素ベクトルの代わりに、前記修正手段により修正された画素ベクトルに基づいて、平滑化帯域制限画像信号を得るものであることが望ましい。

【0044】また、本発明の画像処理装置においては、原画像信号を記憶する第1の記憶手段と、ノイズ信号取得手段により取得されたノイズ信号を記憶する第2の記憶手段（第1の記憶手段との兼用も可能）と、ノイズ成分を除去する度合いを示すパラメータをノイズ除去手段に対して設定するためのパラメータ設定手段とをさらに備えたものとし、ノイズ除去手段を、パラメータ設定手段によりパラメータの設定値が変更されたときには、第1の記憶手段から原画像信号を読み出すとともに、第2の記憶手段からノイズ信号を読み出し、この読み出した原画像信号およびノイズ信号と変更されたパラメータとに基づいてノイズ除去済画像信号を生成するものとする



のが望ましい。

【0045】なお、本発明による画像処理方法をコンピュータに実行させるためのプログラムとして、コンピュータ読取り可能な記録媒体に記録して提供してもよい。

【0046】

【発明の効果】本発明によれば、原画像信号から帯域制限画像信号を作成し、作成した帯域制限画像信号に基づいて原画像信号と同一画素数のノイズ信号を得、該ノイズ信号に基づいて原画像信号のノイズ成分を除去するようにしたので、原画像信号の周波数帯域に応じたノイズ成分を除去することができることとなる。

【0047】また、原画像信号および生成したノイズ信号を記憶し、ノイズ成分を除去する度合いを示すパラメータの設定値が変更されたときには、原画像信号およびノイズ信号を読み出し、この読み出した原画像信号およびノイズ信号と変更されたパラメータとに基づいて原画像信号のノイズ成分を除去するようにすれば、一旦ノイズ信号を作成した後に再度ノイズ除去済信号に基づいてノイズ除去画像を出力する際には、記憶してあるノイズ信号を読み出して使用することができるので、パラメータを変更してノイズ信号のレベルを変更するのみで、原画像信号からのノイズ除去の程度を任意に変更することができるため、上記特開平6-96200号に記載された方法と比較して、ノイズ除去の程度を簡易に変更することができ、これにより、ノイズ除去程度が変更された処理済み画像信号を得るための演算時間を短縮して、オペレータのストレスを低減することができる。

【0048】また、帯域制限画像信号を生成する方法としては種々の方法を用いることができ、例えば、帯域制限画像信号を原画サイズで持つこともできる。これにより、原画に対して複数サイズのマスクで平滑化し、原画サイズの帯域制限画像信号を得て、各々ノイズ分離したノイズ帯域制限画像信号を全て加算してノイズ信号を生成することもできる。勿論、帯域制限画像信号を生成する方法として、多重解像度変換を利用することもできる。

【0049】また、ノイズ信号の取得手法としても種々の方法を用いることもできる。例えば、帯域制限画像信号により表される帯域制限画像の各画素における画素ベクトルを算出し、該画素ベクトルに基づいてノイズ成分（ノイズ信号）の分離を行なう方法である。ここで、上述したように、画素ベクトルを等信号線方向に求めるか信号勾配方向に求めるか、さらには上記差として求めるか上記差の逆数として求めるかによって状況が異なるが、例えば画素ベクトルを等信号線方向に求め、画素ベクトルの大きさを上記差の逆数とした場合、エッジ部分においては画素ベクトルは大きく、平坦部すなわちノイズ部分においては画素ベクトルは小さくなる。したがって、この方法を用いると、画素ベクトルの大きさに応じて帯域制限画像のノイズ成分を分離することができる。

そして、例えば、分離されたノイズ成分に対する画素の画素値を低減する平滑化処理を施した後、該平滑化処理が施された信号に基づいて帯域制限画像信号からノイズ成分を分離してノイズ信号を得、このノイズ信号に基づいて原画像信号の周波数帯域に応じたノイズ成分を除去できる。

【0050】ここで、画素ベクトルを等信号線方向に求め、画素ベクトルの大きさを上記差の逆数とした場合において、画素ベクトルの値が比較的小さい場合は、その画素ベクトルを求めた一の画素は平坦部すなわちノイズにあると見なせるが、画像中の微小なエッジにある可能性もある。一方、その画素がエッジにある場合はその近傍の画素における画素ベクトルは同一の方向を向き、ノイズである場合はその近傍の画素における画素ベクトルはランダムな方向を向く。したがって、各画素の近傍画素の画素ベクトルにも基づくことにより、ある画素がエッジを表すものであるかノイズを表すものであるかの確度を向上させることができ、これによりノイズ成分をより正確に分離することができる。

【0051】また、原画像に含まれる比較的大きなエッジは低周波数帯域の画像においても残るが、ノイズについては低周波数帯域の画像ほど小さくなるものである。このため、一の周波数帯域における帯域制限画像の一の画素における画素ベクトルを、一の周波数帯域よりも低周波数帯域の画像における一の画素に対応する画素の画素ベクトルの方向と同じにすることにより、その画素がエッジ成分にある場合はその画素ベクトルはよりエッジ成分を表すものとなる。一方、その画素がノイズ成分にある場合は低周波数帯域の画像の方が細かなノイズが小さくなることから画素ベクトルはランダムな方向を向きかつ大きさはさらに小さくなるため、その画素ベクトルはより平坦部すなわちノイズ成分を表すものとなる。したがって、一の周波数帯域における帯域制限画像の一の画素における画素ベクトルを、一の周波数帯域よりも低周波数帯域の画像における一の画素に対応する画素の画素ベクトルに基づいて修正することにより、その画素がエッジであるかノイズであるかの確度を向上させることができ、これによりノイズ成分およびエッジ成分の分離をより正確に行なうことができる。

【0052】さらに、原画像信号を多重解像度変換した場合、比較的高周波数帯域の画像においては詳細なエッジ情報が表現され、中間周波数帯域の画像においては中間周波数帯域のエッジ情報が、低周波数帯域の画像においては低周波数帯域の大きなエッジ情報が表現されることとなる。一般的に周波数帯域の画像が持っているエネルギーは高周波数帯域ほど小さくなるが、ノイズのエネルギーは周波数帯域に依存しないという特性があるため、低周波数帯域の画像ほどS/Nが良好なものとなる。ここで、原画像におけるノイズが混入していない部分（図27(a)参照）は、いずれの帯域制限画像においてもエ



ッジ部分にのみ信号を有することとなるため(図27(b)~(d)参照)、比較的高周波数帯域の画像において、画素ベクトルを求めた画素を含む所定領域における画素値の分散値が小さければ、低周波帯域の画像の画素ベクトルを参照しなくてもその画素ベクトルを求めた注目画素は平坦部にあると見なすことができる。

【0053】一方、原画像におけるノイズが混入した部分(図28(a))は、高周波数帯域の画像においてはノイズの影響により画素ベクトルの方向が乱されて分散値が大きくなるが(図28(b))、低周波数帯域となるほど信号に対するノイズの影響が小さくなって分散値が小さくなる(図28(c)、(d))。したがって、一の帯域制限画像において画素ベクトルを求めた一の画素を含む所定領域における画素値の分散値が大きい場合は、低周波数帯域の画像における対応する画素ベクトルを参照しなければ、その画素ベクトルを求めた画素が平坦部にあるものであるのかエッジ部分にあるものであるのかが分からない。このため、一の帯域制限画像において上記分散値が大きい場合は、低周波数帯域の画像を参照して、画素ベクトルを低周波帯域の画像における対応する画素の画素ベクトルと一致させることにより、平坦部の画素ベクトルはより平坦部を表すものとして、エッジ部分の画素ベクトルはよりエッジ部分を表すものとして修正されることとなる。したがって、修正された画素ベクトルに基づけば、ノイズ成分をより正確に分離することができることとなる。

【0054】一方、画像にノイズが混入している場合、画像中のエッジ成分にもノイズが含まれることとなる。そこで、画素ベクトルあるいは前述の各方法を用いて修正された画素ベクトル(の方向)に基づいて帯域制限画像信号を平滑化して平滑化帯域制限画像信号を得、画素ベクトルの代わりに、該平滑化帯域制限画像信号に基づいてノイズ信号を得る方法を用いれば、エッジ成分を失うことなくエッジ上のノイズを抽出でき、またエッジ以外の平坦部のノイズも抽出できるので、最終的には、エッジ上のノイズが目立たなくなるとともに、平坦部におけるノイズも目立たなくなる。

【0055】また、画素ベクトルの大きさに基づいて、平滑化帯域制限画像信号のノイズ成分およびエッジ成分を分離した後、平滑化帯域制限画像信号に対して、ノイズ成分に対する平滑化処理および/またはエッジ成分に対する強調処理を施して処理済帯域制限画像信号を得、該処理済帯域制限画像信号を用いて平滑化前の帯域制限画像信号に含まれるノイズ信号を取得するようにすれば、エッジ上のノイズを目立たせることなくエッジ強調を行なうことができ、また平坦部のノイズを一層低減することができるので、一層高画質の画像を再現することができる。

【0056】

【発明の実施の形態】以下、本発明による画像処理方法

および装置の一実施形態について、図面を参照して詳細に説明する。以下に示す画像処理装置は、蓄積性蛍光体シートに記録された人体の放射線画像を読み取って得た画像信号に対して、ノイズ除去処理を施すものであり、処理された画像信号は主としてフィルムに記録され、診断に用いられる。

【0057】図1は本発明の第1の実施形態による画像処理装置の構成を示す概略ブロック図である。画像処理装置1は、読取装置等において得られた所定の解像度を有する原画像信号Sorgから原画像の複数の周波数帯域毎の周波数応答特性を表す帯域制限画像信号を作成する帯域制限画像信号作成手段2と、帯域制限画像信号に基づいて原画像信号Sorgに対してノイズを除去する処理を行なって処理済み画像信号Sprocを得る処理手段3とを有する。

【0058】なお、本実施形態は、例えば特開昭55-12492号や特開昭56-11395号等に記録されている蓄積性蛍光体シートを利用した放射線画像情報記録再生システムにおいて、蓄積性蛍光体シートに記録された人体の放射線画像をレーザビーム走査によりデジタル画像信号として読み取ったものを対象としている。なお、放射線画像の読み取りは、図2に示すように、蓄積性蛍光体シート10に対して主走査方向(横方向、X方向)にレーザビームを走査させながらシート10を副走査方向(縦方向、Y方向)に移動させてシート10を2次元走査することにより行なわれたものである。

【0059】まず帯域制限画像信号の作成処理について詳細に説明する。図3は帯域制限画像作成処理の概要を示すブロック図、図4は帯域制限画像信号作成処理を模式的に示す図である。なお、本実施形態においては、例えば特開平5-244508号、同6-96200号に記載されたラブラシアンピラミッドの手法により帯域制限画像信号を作成するものとする。

【0060】まず図3に示すように、図1の帯域制限画像信号作成手段2は、フィルタリング処理手段10において原画像信号Sorgに対し、原画像のx方向およびy方向(図2参照)に対してフィルタリング処理を施して原画像信号Sorgよりも解像度が低い画像信号L<sub>1</sub>(以下、低解像度画像信号という)を作成し、次にこの低解像度画像信号L<sub>1</sub>に対して同様のフィルタリング処理を施してこの低解像度画像信号L<sub>1</sub>よりもさらに解像度が低い低解像度画像信号L<sub>2</sub>を作成し、以降順次同様のフィルタリング処理を繰り返して各解像度毎の低解像度画像信号L<sub>k</sub>(k=1~n)を得るものである。そして、補間処理手段11において、このフィルタリング処理の各段において得られる低解像度画像信号L<sub>k</sub>に対して、それぞれ2倍の画素数となるように補間処理を施して、鮮鋭度が異なる複数のボケ画像信号Sus1~Susn(以下Susk(k=1~n)で代表させる)を得る。この後、減算器12により互いに対応する画素数を有する低

解像度画像信号 $L_{k-1}$ とボケ画像信号 $S_{usk}$ および原画像信号 $S_{org}$ とボケ画像信号 $S_{us1}$ との差分を求め、これを帯域制限画像信号 $B_k$ とする。

【0061】本実施形態においては、上記フィルタリング処理のフィルタとして、1次元ガウス分布に略対応したフィルタを使用する。すなわちフィルタのフィルタ係数を、ガウス信号に関する下記の式(1)にしたがって定める。

【0062】

【数1】

$$f(t) = e^{-\frac{t^2}{2\sigma^2}} \quad \dots(1)$$

これは、ガウス信号は周波数空間および実空間の双方において局在性がよいためであり、例えば上記(1)式において $\sigma=1$ とした場合の $5 \times 1$ の1次元フィルタは図5に示すようなものとなる。

【0063】フィルタリング処理は、図6に示すように、原画像信号 $S_{org}$ に対して、あるいは低解像度画像信号に対して1画素おきに行なう。このような1画素おきのフィルタリング処理をx方向、y方向に行なうことにより、低解像度画像信号 $L_1$ の画素数は原画像の $1/4$ となり、フィルタリング処理により得られる低解像度画像信号に対して繰り返しこのフィルタリング処理を施すことにより、得られる $n$ 個の低解像度画像信号 $L_k$  ( $k=1 \sim n$ )は、それぞれ画素数が原画像信号 $S_{org}$ の $1/2^{2k}$ の画像信号となる。

【0064】次に、このようにして得られた低解像度画像信号 $L_k$ に対して施される補間処理について説明する。補間処理を行なうための補間演算の方法としては、Bスプラインによる方法等種々の方法が挙げられるが、本実施形態においては、上記フィルタリング処理においてガウス信号に基づくローパスフィルタを用いているため、補間演算についてもガウス信号を用いるものとする。具体的には、下記の式(2)において、 $\sigma=2^{k-1}$ と近似したものをを用いる。

【0065】

【数2】

$$I(t) = 2 \cdot \sigma \cdot e^{-\frac{t^2}{2\sigma^2}} \quad \dots(2)$$

例えば低解像度画像信号 $L_1$ を補間する際には、 $k=1$ であるため $\sigma=1$ となる。この場合、補間処理を行なうためのフィルタは、図7に示すように $5 \times 1$ の1次元フィルタとなる。この補間処理は、まず低解像度画像信号 $L_1$ に対して1画素おきに値が0の画素を1つずつ補間することにより低解像度画像信号 $L_1$ を原画像と同一の画素数となるように拡大し、次に、この補間された低解像度画像信号 $L_1$ に対して上述した図7に示す1次元フィルタによりフィルタリング処理を施すことにより行な

われる。

【0066】同様に、この補間拡大処理を全ての低解像度画像信号 $L_k$ に対して行なう。低解像度画像信号 $L_k$ を補間する際には、上記式(2)に基づいて、 $3 \times 2^{k-1}$ の長さのフィルタを作成し、低解像度画像信号 $L_k$ の各画素の間に値が0の画素を1個ずつ補間することにより、1段階高解像度の低解像度画像信号 $L_{k-1}$ と同一画素数となるように拡大し、この値が0の画素が補間された低解像度画像信号 $L_k$ に対して $3 \times 2^{k-1}$ の長さのフィルタにより、フィルタリング処理を施すことにより補間拡大してボケ画像信号 $S_{usk}$ を得る。

【0067】次に、上記のようにして作成されたボケ画像信号 $S_{usk}$ が、対応する画素数を有する低解像度画像信号 $L_{k-1}$ から減算されて、帯域制限画像信号 $B_k$  ( $k=1 \sim n$ )が得られる。なお、帯域制限画像信号 $B_k$ は下記の式(3)に示すものとなる。

【0068】

$$B_1 = S_{org} - S_{us1}$$

$$B_2 = L_1 - S_{us2}$$

$$B_3 = L_2 - S_{us3}$$

・

・

$$B_k = L_k - S_{usk}$$

具体的には、図4に示すように5段階の低解像度画像信号 $L_1 \sim L_5$ が得られた場合、まず最低解像度の低解像度画像信号 $L_5$ に対して補間処理を施して、低解像度画像信号 $L_4$ と同一画素数を有するボケ画像信号 $S_{us5}$ を作成する。そして、低解像度画像信号 $L_4$ からボケ画像信号 $S_{us5}$ を減算して帯域制限画像信号 $B_5$ を得る。以下順次 $L_3 - S_{us4}$ 、 $L_2 - S_{us3}$ 、 $L_1 - S_{us2}$ 、 $S_{org} - S_{us1}$ の演算を行なうと、帯域制限画像信号 $B_1 \sim B_5$ を得る。ここで、最低解像度の低解像度画像信号 $L_k$  ( $L_5$ )は、原画像を縮小した低周波の情報を表すものであるが、これ以降の演算において使用することはない。

【0069】次に、上述したように算出された帯域制限画像信号 $B_k$ を用いて行なわれる処理について説明する。図8は処理手段3の構成を帯域制限画像信号作成手段2とともに示す概略ブロック図である。図8に示すように、帯域制限画像信号作成手段2において作成された帯域制限画像信号 $B_k$ は、本発明のノイズ信号生成手段としてのノイズ分離手段22においてノイズ成分が分離されて、ノイズ帯域制限画像信号 $NB_k$ が得られる。ここで、ノイズ分離手段22におけるノイズ成分の分離処理について説明する。

【0070】図9はノイズ分離手段22の構成を示す概略ブロック図である。ノイズ分離手段22は、アイリスフィルタを用いた処理により、帯域制限画像信号 $B_k$ からノイズ成分を分離するものであり、入力された帯域制限画像信号 $B_k$ の全画素について、この帯域制限画像信

号 $B_k$ に基づく各画素毎の信号勾配ベクトルを算出する勾配ベクトル算出手段31と、全画素のうち1つを順次、注目画素として設定する注目画素設定手段34と、注目画素設定手段34により設定された注目画素を中心として、所定の角度間隔（例えば11.25度間隔）で隣接する複数（例えば32本）の放射状の方向線（図10参照）を設定する方向線設定手段33と、設定された各方向線毎に、注目画素から予め定められた所定範囲内にある方向線上の各画素について、各画素の勾配ベクトルとこの方向線の延びる方向とのなす角度 $\theta_{il}$ （32本の方向線のうち第 $i$ 番目の方向線上における、注目画素から第 $i$ 番目の画素の勾配ベクトルと、この第 $i$ 番目の方向線の延びる方向とのなす角度を表す）に基づく指標値 $\cos \theta_{il}$ をそれぞれ求める指標値算出手段35と、注目画素を始点とし、終点を前記予め設定された範囲に応じた大きさまで変化させて、始点から終点の範囲内にある方向線上の各画素の指標値 $\cos \theta_{il}$ の平均値 $C_i(n)$ を、各方向線毎に下記の式（4）にしたがって求めるとともに、この平均値のうち最大値 $C_{imax}$ （式（5））を抽出する最大値算出手段36と、各方向線毎に抽出された最大値 $C_{imax}$ を32本の方向線の全てについて加算平均（ $(\sum C_{imax})/32$ ）してこの注目画素についての勾配ベクトル群の集中度の値 $C$ （式（6））を算出する集中度算出手段37と、

【数3】

$$C_i(n) = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \{(\cos \theta_{ij}) / n\} \quad \dots(4)$$

【数4】

$$C_{imax} = \max C_i(n) \quad \dots(5)$$

$$C = (1/32) \sum_{i=1}^{32} C_{imax} \quad \dots(6)$$

集中度の値 $C$ が大きいほど注目画素が画像中におけるエッジ上に位置するものとして大きな重み付けとなり、集

$$\theta = \tan^{-1} \frac{(f_3 + f_4 + f_5 + f_6 + f_7) - (f_{11} + f_{12} + f_{13} + f_{14} + f_{15})}{(f_1 + f_2 + f_3 + f_{15} + f_{16}) - (f_7 + f_8 + f_9 + f_{10} + f_{11})} \quad \dots(7)$$

このマスクサイズは縦5画素×横5画素のものに限るものではなく、種々の大きさのものをを用いることができる。

【0074】方向線設定手段33が設定する方向線の数、は、上記32本に限るものではないが、余りに多く設定すると計算処理に要する負担が急激に増大し、また少な過ぎればエッジ成分を精度よく検出することができないので、32本程度が好ましい。またこの方向線間の角度間隔は等間隔とするのが計算処理等において都合がよい。

【0075】集中度算出手段37において算出される集中度の値 $C$ が大きな値となるのは、勾配ベクトルの向きが注目画素に集中する場合である。

【0076】フィルタ設定手段38においては集中度算出手段37において求められた集中度の値 $C$ に応じて平

中度の値 $C$ が小さいほど注目画素がエッジ以外に部分に存在するものとして小さな重み付けとなるように、空間フィルタのフィルタ係数を設定するフィルタ設定手段38と、フィルタ設定手段38においてフィルタ係数が設定された空間フィルタにより、帯域制限画像信号 $B_k$ に対してフィルタリング処理を施してフィルタ処理済み帯域制限画像信号 $FB_k$ を得るフィルタリング手段39と、帯域制限画像信号 $B_k$ からフィルタ処理済み帯域制限画像信号 $FB_k$ を減算してノイズ帯域制限画像信号 $NB_k$ を算出する信号算出手段40とを備える。

【0071】なお、アイリスフィルタについては、「小畑他、DR画像における腫瘍陰影検出（アイリスフィルタ）、電子情報通信学会論文誌 D-II Vol. J75-D-II No. 3 P663~670 1992年3月参照」、「小畑他、アイリスフィルタとその特性解析、計測自動制御学会論文集、1998 VOL. 34 No. 4, p. 326-332」にその詳細が記載されている。このアイリスフィルタ処理は、特に乳癌における特徴的形態の1つである腫瘍陰影を検出するのに有効な手法として研究されており、アイリスフィルタ処理に用いられるアイリスフィルタは、画像信号の勾配を勾配ベクトルとして算出し、その勾配ベクトルの集中度を出力するものであり、アイリスフィルタ処理とはこの勾配ベクトルの集中度を基に腫瘍陰影を検出するものである。本実施形態においては、このアイリスフィルタ処理により、帯域制限画像信号 $B_k$ の勾配ベクトルの集中度から各画素がエッジなどの線分上に位置する程度を求めるものである。

【0072】勾配ベクトル算出手段31は、詳しくは例えば図11に示した縦5画素×横5画素の大きさのマスクの最外周部の画素の画像データ（画素値）を用いて、下記の式（7）にしたがって信号勾配ベクトルの向き $\theta$ を求める。

【0073】

【数5】

$$\theta = \tan^{-1} \frac{(f_3 + f_4 + f_5 + f_6 + f_7) - (f_{11} + f_{12} + f_{13} + f_{14} + f_{15})}{(f_1 + f_2 + f_3 + f_{15} + f_{16}) - (f_7 + f_8 + f_9 + f_{10} + f_{11})} \quad \dots(7)$$

滑化処理を行なうための空間フィルタのフィルタ係数が設定される。すなわち、集中度の値 $C$ が大きいほど注目画素はエッジ上に存在し、集中度の値 $C$ が小さいほど注目画素はエッジ以外の位置に存在することとなる。したがって、集中度の値 $C$ が大きいほど重み付けが大きくなるようなフィルタ係数が定められて、空間フィルタが設定されることとなる。

【0077】具体的には、まず集中度の値 $C$ が所定の閾値よりも高い画素の値を1、所定の閾値以下の画素の値を0とする2値化処理を行ない、エッジ成分とそれ以外の成分との分離を行なう。ここで、基本となる空間フィルタを $F_0$ とし、この空間フィルタ $F_0$ が3×3の平滑化フィルタであり、そのフィルタ係数が図12(a)に

示すものであるとすると、集中度 $C$ の2値化結果に応じてフィルタ $F_0$ のフィルタ係数が重み付けされて帯域制限画像信号 $B_k$ に対して施す空間フィルタ $F_1$ のフィルタ係数が設定される。すなわち、ある注目画素がエッジ成分上にあり、この注目画素を中心とする $3 \times 3$ の範囲の集中度 $C$ （2値化後）が図12（b）に示すものであった場合、空間フィルタ $F_1$ のフィルタ係数は図12

（c）に示すものとなる。また、ある注目画素がエッジ成分以外の部分にあり、注目画素を中心とする $3 \times 3$ の範囲の集中度 $C$ が図12（d）に示すものであった場合、空間フィルタ $F_1$ のフィルタ係数は図12（e）に示すものとなる。したがって、この空間フィルタ $F_1$ により帯域制限画像信号 $B_k$ を平滑化すると、エッジ成分はぼかされることなく、それが存在する方向に対してぼかされることとなる。また、エッジ成分以外の成分は値が0とされることとなる。

【0078】フィルタリング手段39は、フィルタ設定手段38において設定された空間フィルタ $F_1$ により、帯域制限画像信号 $B_k$ に対してフィルタリング処理を施してフィルタ処理済み帯域制限画像信号 $FB_k$ を得る。このフィルタリング処理により、帯域制限画像信号 $B_k$ は平滑化されるが、エッジ成分においては、エッジが存在する方向に平滑化されることとなる。これにより、フィルタ処理済み帯域制限画像信号 $FB_k$ においては、平滑化されたエッジ成分のみが残ることとなる。

【0079】信号算出手段40においては、帯域制限画像信号 $B_k$ からフィルタ処理済み帯域制限画像信号 $FB_k$ を減算してノイズ帯域制限画像信号 $NB_k$ が得られる。ここで、フィルタ処理済み帯域制限画像信号 $FB_k$ は平滑化されているため、ノイズ帯域制限画像信号 $NB_k$ は、帯域制限画像信号 $B_k$ に含まれるノイズ成分を表すものとなる。とくに、フィルタ処理済み帯域制限画像信号 $FB_k$ はエッジ成分が存在する方向に平滑化されているため、求められたノイズ成分にはエッジ上におけるノイズも含まれることとなる。

【0080】ノイズ分離手段22に入力された帯域制限画像信号 $B_k$ は、まず勾配ベクトル算出手段31、注目画素設定手段34、フィルタリング手段39および信号算出手段40に入力される。勾配ベクトル算出手段31は前述したように縦5画素×横5画素の大きさのマスクの最外周部の画素の画像データ（画素値）を用いて、全画素について信号勾配ベクトルの向き $\theta$ を求める。求められた信号勾配ベクトルの向き $\theta$ は指標値算出手段35に入力される。

【0081】一方、注目画素設定手段34は、入力された帯域制限画像信号 $B_k$ について、その全画素のうち1つを順次注目画素として設定し、設定した注目画素を方向線設定手段33に入力する。方向線設定手段33は、注目画素を中心として例えば11.25度の等間隔で隣接する32本の放射状の方向線を設定する。そしてこの設定さ

れた方向線は指標値算出手段35に入力される。

【0082】指標値算出手段35は、勾配ベクトル算出手段31から入力された勾配ベクトルの向き $\theta$ が定義された、帯域制限画像信号 $B_k$ と同じ2次元に配列された画素に、方向線設定手段33から入力された32本の方向線を重ねて、この32本の方向線にそれぞれ重なる画素を抽出する。

【0083】さらに指標値算出手段35は、各方向線毎に各画素に定義された勾配ベクトルの向き $\theta$ とこの方向線の延びる方向とのなす角度 $\theta_{il}$ （32本の方向線のうち第 $i$ 番目の方向線上における、注目画素から第 $l$ （エル）番目の画素の勾配ベクトルと、この第 $i$ 番目の方向線の延びる方向とのなす角度を表す）に基づく指標値 $\cos \theta_{il}$ をそれぞれ求める。

【0084】この求められた各方向線上における各画素の指標値 $\cos \theta_{il}$ は最大値算出手段36に入力される。最大値算出手段36は、上記始点から終点の範囲内にある方向線上の各画素の指標値 $\cos \theta_{il}$ の平均値 $C_i(n)$ を、各方向線毎に求めるとともに、この平均値 $C_i(n)$ の最大値 $C_{imax}$ を抽出する。

【0085】このように各方向線毎に求められた最大値 $C_{imax}$ は集中度算出手段37に入力される。集中度算出手段37は入力された各方向線毎に求められた最大値 $C_{imax}$ を加算平均して、その注目画素についての勾配ベクトル群の集中度の値 $C$ を算出する。算出された勾配ベクトル群の集中度の値 $C$ はフィルタ設定手段38に入力される。

【0086】以上の作用と同じ作用が、注目画素設定手段34が設定する注目画素を順次代えてなされ、入力された全ての画素についての上記集中度の値 $C$ がフィルタ設定手段38に入力される。

【0087】フィルタ設定手段38は、集中度の値 $C$ が大きいほど大きな重み付けがなされるような空間フィルタ $F_1$ を設定し、フィルタリング手段39が設定された空間フィルタにより帯域制限画像信号 $B_k$ に対してフィルタリング処理を施して、フィルタ処理済み帯域制限画像信号 $FB_k$ を得、これが信号算出手段40に入力される。

【0088】信号算出手段40は、帯域制限画像信号 $B_k$ からフィルタ処理済み帯域制限画像信号 $FB_k$ を減算してノイズ帯域制限画像信号 $NB_k$ を算出する。

【0089】このようにしてノイズ分離手段22において得られたノイズ帯域制限画像信号 $NB_k$ のうち、最低解像度のノイズ帯域制限画像信号 $NB_n$ はノイズ信号 $S_n$ とされるとともに、ノイズ信号 $S_n$ が1段階高解像度のノイズ帯域制限画像信号 $NB_{n-1}$ と同一画素数となるように、補間処理手段24において上記補間処理手段11と同様に補間処理がなされて、拡大ノイズ信号 $S_{n'}$ が得られる。この後、ノイズ帯域制限画像信号 $NB_{n-1}$ と拡大ノイズ信号 $S_{n'}$ とが加算器25において

加算されて、ノイズ信号 $S_{n-1}$ が得られる。そして、ノイズ信号 $S_{k-1}$ の補間拡大による拡大ノイズ信号 $S_{k-1}'$ の取得、および拡大ノイズ信号 $S_{k-1}'$ とノイズ帯域制限画像信号 $NB_{k-1}$ との加算によるノイズ信号 $S_{k-2}$ の取得を繰り返し行なって、最高解像度のノイズ信号 $S_1$ を得る。

【0090】具体的には図13に示すように、5段階のノイズ帯域制限画像信号 $NB_1 \sim NB_5$ が得られた場合には、まず最低解像度のノイズ帯域制限画像信号 $NB_5$ がノイズ信号 $S_5$ とされる。そして、ノイズ信号 $S_5$ に対して1段階高解像度のノイズ帯域制限画像信号 $NB_4$ と同一画素数となるように補間処理が施されて拡大ノイズ信号 $S_5'$ が得られる。そして、ノイズ帯域制限画像信号 $NB_4$ と拡大ノイズ信号 $S_5'$ とが加算されて、ノ

$$S_{proc} = S_{org} - S_1' = S_{org} - \alpha (S_{org}) \cdot S_1 \quad (8)$$

(但し、 $S_{proc}$ :ノイズが除去された画像信号

$S_{org}$ : 原画像信号

$\alpha (S_{org})$ : 原画像信号に基づいて定められる強調係数

なお、原画像信号 $S_{org}$ およびノイズ信号 $S_1$ を記憶する記憶手段と、強調係数 $\alpha (S_{org})$ を演算器22に対して設定するためのパラメータ設定手段とをさらに備えたものとすれば、強調係数 $\alpha (S_{org})$ の設定値が変更されたときには、原画像信号およびノイズ信号を読み出し、読み出したノイズ信号に対して変更された強調係数 $\alpha (S_{org})$ を乗算して再度ノイズ信号 $S_1'$ を計算し、再計算したノイズ信号 $S_1'$ を読み出した原画像信号 $S_{org}$ から除去することもできる。

【0093】次いで、第1の実施形態の動作について説明する。図14は第1の実施形態の動作を示すフローチャートである。まず、読取装置等から原画像信号 $S_{org}$ が画像処理装置1に入力される(ステップS1)。原画像信号 $S_{org}$ は帯域制限画像信号作成手段2に入力されてここで原画像信号 $S_{org}$ の周波数帯域毎の周波数応答特性を表す帯域制限画像信号 $B_k$ が作成される(ステップS2)。帯域制限画像信号 $B_k$ は、上述したようにノイズ成分が分離され(ステップS3)、ノイズ帯域制限画像信号 $NB_k$ が得られる(ステップS4)。この後、ノイズ帯域制限画像信号 $NB_k'$ の1段階高周波数帯域への補間処理によるノイズ信号 $S_k$ の取得、およびノイズ信号 $S_k$ と対応する周波数帯域のノイズ帯域制限画像信号 $NB_k$ との加算によるノイズ信号 $S_{k-1}$ の取得を最高周波数帯域のノイズ帯域制限画像信号 $NB_1$ まで繰り返し行なって、ノイズ信号 $S_1$ を得る(ステップS5)。そしてノイズ信号 $S_1$ を用いて上記式(8)に示す演算を行なって処理済み画像信号 $S_{proc}$ を得(ステップS6)、処理済み画像信号 $S_{proc}$ を不図示のモニタに表示する(ステップS7)。オペレータは表示された画像を観察し、ノイズ除去の程度を変更する必要がある(ステップS8)、どの程度変更するかを処理手段3に

イズ信号 $S_4$ が得られる。以下同様にしてノイズ信号 $S_3$ 、 $S_2$ が得られ、最終的に最高解像度のノイズ信号 $S_1$ が得られる。

【0091】このようにして最高解像度のノイズ信号 $S_1$ が得られると、本発明に係るノイズ除去手段としての演算器26において、下記の式(8)に示すようにノイズ信号 $S_1$ に対して原画像信号 $S_{org}$ の値に応じた、ノイズ成分を除去する度合いを示すパラメータとしての強調係数 $\alpha (S_{org})$ が乗じられ、さらにこの強調係数 $\alpha (S_{org})$ が乗じられたノイズ信号 $S_1'$ が原画像信号 $S_{org}$ から減算されて、ノイズ成分が低減された画像を表す処理済み画像信号 $S_{proc}$ が得られる。

【0092】

入力する。これにより処理手段3においては上記式

(8)における強調係数 $\alpha (S_{org})$ を変更してステップS6に戻り、ステップS6からステップS8の処理を行なう。ノイズ除去の程度が適切なものとなった場合にはステップS8が肯定されて処理を終了する。

【0094】このように、本実施形態においては、上記式(8)における強調係数 $\alpha (S_{org})$ の値を変更するのみで、原画像信号 $S_{org}$ から減算するノイズ信号 $S_1$ のレベルを任意に変更することができるため、上記特開平6-96200号に記載された方法と比較して、ノイズ除去の程度を簡易に変更することができ、これにより、ノイズ除去程度が変更された処理済み画像信号 $S_{proc}$ を得るための演算時間を短縮して、オペレータのストレスを低減することができる。

【0095】なお、上記第1の実施形態においては、ラプラシアンピラミッドの手法により原画像信号 $S_{org}$ から各周波数帯域毎の特性を表す帯域制限画像信号を得ているが、例えば特開平6-274615号に示すように、ウェーブレット変換により帯域制限画像信号を得るようにしてもよい。以下ウェーブレット変換を用いた画像処理の実施形態を第2の実施形態として説明する。

【0096】図15は本発明の第2の実施形態による画像処理装置の構成を示す概略ブロック図である。図15に示すように、本発明の第2の実施形態による画像処理装置51は、読取装置等において得られた所定の解像度を有する原画像信号 $S_{org}$ をウェーブレット変換するウェーブレット変換手段52と、ウェーブレット変換により得られた信号に基づいて、原画像信号 $S_{org}$ のノイズを除去する処理を行なって処理済み画像信号 $S_{proc}$ を得る処理手段53とを有する。

【0097】図16はウェーブレット変換手段52の構成を示す概略ブロック図である。なお、本実施形態においては、ウェーブレット変換の各係数が直交する直交ウェーブレット変換を行なうものである。

【0098】まず、図16に示すように原画像信号 $S_{org}$

gに対してウェーブレット変換部61においてウェーブレット変換が施される。図17はウェーブレット変換部61において行なわれる処理を示すブロック図である。図17に示すように、原画像信号Sorg（信号LLk）の主走査方向に基本ウェーブレット関数H、Gによりフィルタリング処理を行なうとともに、主走査方向の画素を1画素おきに間引き（図中↓2で表す）、主走査方向の画素数を1/2にする。ここで、関数Hはハイパスフィルタであり、関数Gはローパスフィルタである。さらに、この画素が間引かれた信号のそれぞれに対して副走査方向に関数H、Gによりフィルタリング処理を行なうとともに、副走査方向の画素を1画素おきに間引き、副走査方向の画素数を1/2にして、ウェーブレット変換係数信号（以下単に信号とすることもある）HH1、HL1、LH1、LL1（HHk+1、HLk+1、LHk+1、LLk+1）を得る。ここで、信号LL1は原画像の縦横を1/2に縮小した画像を表し、信号HL1、LH1およびHH1はそれぞれ原画像の1/2縮小画像において縦エッジ、横エッジおよび斜めエッジ成分の画像を表すものとなる。

【0099】次に、信号LL1に対してさらにウェーブレット変換部61においてウェーブレット変換が施されて、信号HH2、HL2、LH2、LL2が得られる。ここで、信号LL2は原画像の縦横を1/4に縮小した画像を表し、信号HL2、LH2およびHH2はそれぞれ原画像の1/4縮小画像において縦エッジ、横エッジおよび斜めエッジ成分の画像を表すものとなる。

【0100】以下、上記と同様にして、各周波数帯域において得られるウェーブレット変換係数信号LLkに対するウェーブレット変換をn回繰り返すことによりウェーブレット変換係数信号HH1~HHn、HL1~HLn、LH1~LHn、LL1~LLnを得る。ここで、n回目のウェーブレット変換により得られるウェーブレット変換係数信号HHn、HLn、LHn、LLnは、原画像信号Sorgと比較して主副各方向の画素数が $(1/2)^n$ となっているため、各ウェーブレット変換係数信号はnが大きいほど周波数帯域が低く、原画像データの周波数成分のうち低周波数成分を表すデータとなる。したがって、ウェーブレット変換係数信号HHk（ $k=0\sim n$ 、以下同様）は、原画像信号Sorgの主副両方向の周波数の変化を表すものであり、kが大きいほど低周波信号となる。またウェーブレット変換係数信号HLkは原画像信号Sorgの主走査方向の周波数の変化を表すものであり、kが大きいほど低周波信号となる。さらにウェーブレット変換係数信号LHkは原画像信号Sorgの副走査方向の周波数の変化を表すものであり、kが大きいほど低周波信号となる。

【0101】ここで、図18にウェーブレット変換係数信号を複数の周波数帯域毎に示す。なお、図18においては便宜上2回目のウェーブレット変換を行った状態ま

でを表すものとする。なお、図18において信号LL2は原画像を主副各方向が1/4に縮小した画像を表すものとなっている。

【0102】なお、ウェーブレット変換係数信号HHk、HLk、LHk、LLk（ $k=1\sim n$ ）のうち、信号HHk、HLk、LHkはその周波数帯域におけるエッジ成分を表すものであり、換言すれば原画像における特定の周波数帯域（帯域制限画像特性）を有する画像を表すもの、すなわち主にその周波数帯域における画像のコントラストを表すものとなっている。また、ウェーブレット変換係数信号LLkは上述したように原画像を縮小した画像を表すものとなっている。なお、本実施形態においては、ウェーブレット変換係数信号HHk、HLk、LHkを帯域制限画像信号と称し、ウェーブレット変換係数信号LLkを解像度信号と称し、帯域制限画像信号および解像度信号を総称してウェーブレット変換係数信号と称するものとする。ここで、最低解像度の信号LLnは上記第1の実施形態と同様にこれ以降の演算において使用することはないため、値を0とする。

【0103】処理手段53は、上記第1の実施形態における処理手段3と同様にノイズ除去処理を行なうものである。図19は処理手段53の構成をウェーブレット変換手段52とともに示す概略ブロック図である。図19に示すように、ウェーブレット変換手段52において得られた帯域制限画像信号HHk、HLk、LHk（以下Bkで代表させる）が、各帯域制限画像信号Bkに対応するように設けられた各ノイズ分離手段62に入力される。各ノイズ分離手段62は上記第1の実施形態におけるノイズ分離手段22と同様の構成を有するものであり、ここで上記第1の実施形態と同様にノイズ帯域制限画像信号NHHk、NHLk、NLHk（以下NBkで代表させる）が得られる。すなわち、帯域制限画像信号HHk、HLk、LHkを上記第1の実施形態における帯域制限画像信号Bkと見なすことにより、上記と同様にアイリスフィルタによる集中度の算出、空間フィルタの設定、空間フィルタによるフィルタリング処理およびフィルタリング処理後の信号の帯域制限画像信号HHk、HLk、LHkからの減算を全ての周波数帯域の帯域制限画像信号HHk、HLk、LHkについて行なうことにより、ノイズ帯域制限画像信号NHHk、NHLk、NLHkを得るものである。

【0104】そして、得られたノイズ帯域制限画像信号NBk（NHHk、NHLk、NLHk、 $k=1\sim n$ ）に対して逆ウェーブレット変換手段64において逆ウェーブレット変換が施される。図20は、逆ウェーブレット変換手段64において行なわれる逆ウェーブレット変換を説明するための図である。図20に示すように、最低周波数帯域のノイズ帯域制限画像信号NHHn、NHLn、NLHn、NLLn（=0）に対して逆ウェーブレット変換手段64において逆ウェーブレット

変換を施して処理済み信号 $NLL_{n-1}$ を得る。

【0105】図21は逆ウェーブレット変換手段64において行なわれる処理を示すブロック図である。図21に示すようにノイズ帯域制限画像信号 $NLL_n$  ( $NLL_k$ ,  $k=n$ の場合 $NLL_n=0$ ) およびノイズ帯域制限画像信号 $NLH_n$  ( $NLH_k$ ) の副走査方向に対して画素間に1画素分の間隔をあける処理を行なうとともに

(図中↑2で表す)、関数 $G$ 、 $H$ に対応する逆ウェーブレット変換関数 $G'$ 、 $H'$ によりフィルタリング処理を副走査方向に施してこれらを加算し、さらに加算により得られた信号(第1の加算信号とする)の主走査方向に対して画素間に1画素分の間隔をあける処理を行なうとともに、関数 $G'$ によりフィルタリング処理を主走査方向に施して第1の信号を得る。一方、信号 $NHL_n$  ( $NHL_k$ ) および信号 $NHH_n$  ( $NHH_k$ ) の副走査方向に対して画素間に1画素分の間隔をあける処理を行なうとともに、関数 $G'$ 、 $H'$ によりフィルタリング処理を副走査方向に施してこれらを加算し、さらに加算により得られた信号(第2の加算信号とする)の主走査方向に対して画素間に1画素分の間隔をあける処理を行なうとともに、関数 $H'$ によりフィルタリング処理を主走査方向に施して第2の信号を得る。そして第1および第2の信号を加算してノイズ帯域制限画像信号 $NLL_{n-1}$

( $NLL_{k-1}$ )を得る。なお、最低解像度のウェーブレット変換係数信号 $NLL_n$ は0とされているため、ノイズ帯域制限画像信号 $NLL_{n-1}$ は原画像信号 $Sorg$ の帯域制限画像特性を表すものとなる。

【0106】次に、ノイズ帯域制限画像信号 $NHH_{n-1}$ 、 $NHL_{n-1}$ 、 $NLH_{n-1}$ 、 $NLL_{n-1}$ に対して上記と同様に逆ウェーブレット変換手段64において逆ウェーブレット変換を行なって、ノイズ帯域制限画像信号 $NLL_{n-2}$ を得る。そして、以下上記と同様に逆ウェーブレット変換を最高周波数帯域まで繰返し、さらにノイズ帯域制限画像信号 $NHH_1$ 、 $NHL_1$ 、 $NLH_1$ 、 $NLL_1$ を逆ウェーブレット変換することによりノイズ信号 $S_1$ が得られる。

【0107】得られたノイズ信号 $S_1$ は、演算器65において上記第1の実施形態と同様に式(8)に示すような演算が行なわれて処理済み画像信号 $Sproc$ が得られる。

【0108】次いで、第2の実施形態の動作について説明する。図22は第2の実施形態の動作を示すフローチャートである。まず、読取装置等から原画像信号 $Sorg$ が画像処理装置51に入力される(ステップS11)。原画像信号 $Sorg$ はウェーブレット変換手段52においてウェーブレット変換が施されて各周波数帯域毎のウェーブレット変換係数信号が得られる(ステップS12)。各ウェーブレット変換係数信号 $B_k$ はノイズ成分が分離されて(ステップS13)、ノイズ帯域制限画像信号 $NB_k$ が得られる(ステップS14)。この後、

ノイズ帯域制限画像信号 $NB_k$ が、逆ウェーブレット変換手段64において逆ウェーブレット変換されてノイズ信号 $S_1$ が得られる(ステップS15)。そしてノイズ信号 $S_1$ を用いて上記式(8)に示す演算を行なって処理済み画像信号 $Sproc$ を得(ステップS16)、処理済み画像信号 $Sproc$ を不図示のモニタに表示する(ステップS17)。オペレータは表示された画像を観察し、ノイズ除去の程度を変更する必要がある(ステップS18)、どの程度変更するかを処理手段53に入力する。これにより処理手段53においては上記式(8)における強調係数 $\alpha$  ( $Sorg$ )を変更してステップS16に戻り、ステップS17からステップS18の処理を行なう。ノイズ除去の程度が適切なものとなった場合にはステップS18が肯定されて処理を終了する。

【0109】このように、第2の実施形態においても、上記式(8)における強調係数 $\alpha$  ( $Sorg$ )の値を変更することにより、原画像信号 $Sorg$ から減算するノイズ信号 $S_1$ のレベルを任意に変更することができ、これにより、原画像信号 $Sorg$ からのノイズ除去の程度を任意に変更することができる。

【0110】なお、上記各実施形態においては、アイリスフィルタを用いて帯域制限画像信号 $B_k$ からノイズ成分を分離しているが、これに限定されるものではなく他の任意の手法によりノイズ成分を分離するようにしてもよい。例えば、帯域制限画像信号 $B_k$ に対して所定サイズのマスク内の局所的な分散を求め、この分散が小さな値となる画素をノイズと見なす等してノイズ成分を分離してもよい。また、各帯域制限画像信号により表される各帯域制限画像の各画素における画素ベクトルを算出し、算出した画素ベクトルあるいは該画素ベクトルを修正した修正画素ベクトルを利用してノイズ成分を分離してもよい。以下画素ベクトルあるいは修正画素ベクトルを用いた画像処理の実施形態を第3の実施形態として説明する。

【0111】図23は本発明の第3の実施形態による画像処理装置の構成を示す概略ブロック図である。この図23は、上記第2の実施形態における処理手段53の構成を示した図19に対応するものであって、ノイズ分離手段62を有する処理手段53に代えて、ノイズ分離手段72を有する処理手段73を設けている点異なる。この処理手段73は、上記第2の実施形態における処理手段53と同様にノイズ除去処理を行なうものであり、ウェーブレット変換手段61において得られた帯域制限画像信号 $Hhk$ 、 $Hlk$ 、 $Lhk$  (以下 $B_k$ で代表させる)が、ノイズ分離手段72に入力される。

【0112】図24は、各ノイズ分離手段72の構成を示す概略ブロック図である。この第3の実施形態によるノイズ分離手段72は、各帯域制限画像信号 $B_k$ により表される各帯域制限画像の各画素における画素ベクトルを各画素毎に算出し、算出した画素ベクトルあるいは



該画素ベクトルを修正した修正画素ベクトルを利用してノイズ成分としてのノイズ帯域制限画像信号 $NB_k$ を分離するものであり、図24に示すように、ウェーブレット変換手段61において得られた各帯域制限画像信号 $B_k$ から後述するようにして画素ベクトルを算出する画素ベクトル算出手段82と、画素ベクトル算出手段82において算出された画素ベクトルを修正する画素ベクトル修正手段83と、修正された画素ベクトルに基づいてノイズ成分 $NB_k$ を分離して出力する分離手段85とを備える。

【0113】画素ベクトル算出手段82においては以下のようにして画素ベクトルが算出される。図25は画素ベクトルの算出方法を説明するための図である。なお、この画素ベクトルの算出は全周波数帯域の帯域制限画像信号 $B_k$ （ウェーブレット変換係数信号）により表される画像における全画素について行なわれる。ある画素を注目画素（図25において黒色で示す）とした場合において、注目画素を中心とした $7 \times 7$ の領域を設定する。そしてこの領域内における注目画素近傍の48画素について、注目画素を中心とした0～15の16方向における一定長さ分（図25においては3画素分、例えば2の方向における斜線画素）の画素値の平均値を算出し、この平均値と注目画素の画素値との差が最も小さい方向を決定する。なお、図26に示すように注目画素の近傍8画素を用いて、8方向における注目画素と隣接画素との差を求め、この差が最も小さい方向を決定してもよい。このようにして求められた方向は濃度の傾きが最も小さい方向であり、等信号線すなわち信号勾配の法線方向を向くものである。そして、この方向と上述したように求められた差の逆数を大きさに持つベクトルを画素ベクトルとして求める。したがって、この画素ベクトルは、等信号線方向において濃度差が小さいほど大きいものとなる。なお、上記差が0の場合は画素ベクトルの大きさは無限大となってしまうため、画素ベクトルの大きさに上限値（例えば8ビットの場合は255）を設定することが好ましい。

【0114】なお、上述した平均値と注目画素の画素値との差（あるいは近傍画素と注目画素との差、以下単に差とする）が最も大きい方向は信号勾配方向となり、この方向に画素ベクトルを求めることもできる。この場合、画素ベクトルの大きさは上記差をそのまま用いることができる。なお、本実施形態においては画素ベクトルは等信号線方向を向き、画素ベクトルの大きさは上記差の逆数として説明する。

【0115】画素ベクトル修正手段83においては以下のようにして画素ベクトルが修正される。原画像信号をウェーブレット変換した場合、比較的高周波数帯域の画像においては詳細なエッジ情報が表現され、中間周波数帯域の画像においては中間周波数帯域のエッジ情報が、低周波数帯域の画像においては低周波数帯域の大きなエ

ッジ情報が表現されることとなる。一般的に各周波数帯域の画像が持っているエネルギーは高周波数帯域ほど小さくなるが、ノイズのエネルギーは周波数帯域に依存しないという特性があるため、低周波数帯域の画像ほど $S/N$ が良好なものとなる。ここで、原画像におけるノイズが混入していない部分（図27（a）参照）は、いずれの帯域制限画像においてもエッジ部分にのみ信号を有することとなるため（図27（b）～（d）参照）、比較的高帯域制限画像において、画素ベクトルを求めた画素を含む所定領域における画素値の分散値が小さければ、低周波数帯域の画像の画素ベクトルを参照しなくてもその画素ベクトルを求めた注目画素は平坦部にあると見なすことができる。

【0116】一方、原画像におけるノイズが混入した部分（図28（a））は、高帯域制限画像においてはノイズの影響により画素ベクトルの方向が乱されて分散値が大きくなるが（図28（b））、低周波数帯域となるほど信号に対するノイズの影響が小さくなって分散値が小さくなる（図28（c）、（d））。したがって、高帯域制限画像において画素ベクトルを求めた注目画素を含む所定領域における画素値の分散値が大きい場合は、低周波数帯域の画像における対応する画素ベクトルを参照しなければ、その画素ベクトルを求めた注目画素が平坦部にあるものであるのかエッジ部分にあるものであるのかが分からない。

【0117】このため、画素ベクトル修正手段83は、画素ベクトルを求めた注目画素を中心とする例えば $3 \times 3$ の領域内における画素値の分散値を全画素について求め、分散値が同一周波数帯域の画像における他の領域と比較して相対的に小さい場合には、そこは平坦部と見なして画素ベクトルの修正は行なわないで、画素ベクトル算出手段82において求められた画素ベクトルをそのまま修正画素ベクトルとする。一方、分散値が同一周波数帯域の画像における他の領域と比較して相対的に大きい場合には、そこは平坦部であるかエッジ部分であるか分からないため、低周波数帯域の画像における対応する画素の画素ベクトルをその注目画素の修正画素ベクトルとして、その画素ベクトルを求めた注目画素が平坦部にあるかエッジ部分にあるかの確度を向上させるものである。これにより、平坦部の画素ベクトルはより平坦部を表すものとして、エッジ部分の画素ベクトルはよりエッジ部分を表すものとして修正されることとなる。

【0118】なお、画素ベクトル修正手段83においては、画素ベクトルを算出した際の注目画素とその近傍の画素との差分値を分散値として求めてもよい。この差分値としては、例えば注目画素近傍8画素から画素ベクトルを求めた場合は、注目画素と近傍8画素の差の和、あるいはこの差の平均値等としてもよい。

【0119】分離手段85においては以下のようにしてノイズ成分が分離される。上記画素ベクトル修正手段8

3において求められた修正画素ベクトルが小さい画素については平坦部にあってノイズ成分を含む画素であると見なすことで各周波数帯域の平滑化信号により表される画像の各画素をラベリングする、すなわち判定対象画素がノイズ成分を表す画素であるのか否かを判断する。

【0120】なお、画素ベクトルが小さい場合には、注目画素は平坦部すなわちノイズ成分にあるものと見なせるが、微小エッジ部分にある可能性もある。このため、分離手段85においては、画素ベクトルが小さい場合には注目画素の画素ベクトルとその近傍画素の画素ベクトルの方向とを参照し、図29(a)に示すように近傍の画素ベクトルが注目画素の画素ベクトルと同一方向を向いている場合にはその注目画素をエッジ成分にあるものと見なし、図29(b)に示すように近傍の画素ベクトルが注目画素の画素ベクトルと異なる方向を向いている場合には、その注目画素をノイズ成分にあるものと見なすようにすることが好ましい。なお、図29においては各画素の数字は画素ベクトルの方向(図26参照)を示すものである。

【0121】そして、このラベリングの結果に基づいて、ノイズ成分にあると見なされた画素については画素値を小さくする平滑化処理が行なわれる。なお、この処理は上述のようにして求められたノイズ成分に関する情報(ラベリングの結果)により、画素そのものを変更する処理すなわち各帯域制限画像における局所的なコントラストを変更するための処理であるため、各周波数帯域における画像のコントラストを表す帯域制限画像信号 $H H_k$ 、 $H L_k$ 、 $L H_k$ に対してのみ処理が行なわれ、処理済み帯域制限画像信号 $H H_k'$ 、 $H L_k'$ 、 $L H_k'$ ( $k=1\sim n$ ;以下 $B_k'$ で代表させる)が得られる。そして、各帯域制限画像信号 $H H_k$ 、 $H L_k$ 、 $L H_k$ から、対応する処理済み帯域制限画像信号 $B_k'$ を差し引くことにより、ノイズ成分としてのノイズ帯域制限画像信号 $N H H_k$ 、 $N H L_k$ 、 $N L H_k$ (すなわち $N B_k = B_k - B_k'$ )が分離される。

【0122】以下、上記第2の実施形態と同様に、得られたノイズ帯域制限画像信号 $N B_k$ に対して逆ウェーブレット変換手段64において逆ウェーブレット変換が最高周波数帯域まで繰り返して行われることによりノイズ信号 $S_1$ が得られ、この得られたノイズ信号 $S_1$ に基づいて、演算器65において上記第1の実施形態と同様に式(8)に示すような演算が行なわれて処理済み画像信号 $S_{proc}$ が得られる。

【0123】上記第3の実施形態の動作を示すフローチャートを図30に示す。まず、読取装置等から原画像信号 $S_{org}$ が画像処理装置51に入力され(ステップS21)、この原画像信号 $S_{org}$ はウェーブレット変換手段52においてウェーブレット変換が施されて各周波数帯域毎のウェーブレット変換係数信号が得られる(ステップS22)。次に、各ウェーブレット変換係数信号に基づ

づいて画素ベクトル算出手段82において上述したように画素ベクトルが算出される(ステップ23)。画素ベクトルの算出の後、画素ベクトル修正手段83において画素ベクトルが修正されて修正画素ベクトルが求められる(ステップS24)。

【0124】次に分離手段85において画素ベクトル修正手段83において求められた修正画素ベクトルに基づいて、ノイズ成分を分離する処理が施されてノイズ帯域制限画像信号 $N B_k$ が分離される(ステップS25)。この後、逆ウェーブレット変換手段64においてノイズ帯域制限画像信号 $N B_k$ に対して逆ウェーブレット変換が最高周波数帯域まで繰り返して行なわれてノイズ信号 $S_1$ が得られる(ステップS26)。そしてノイズ信号 $S_1$ を用いて上記式(8)に示す演算を行なって処理済み画像信号 $S_{proc}$ を得(ステップS27)、処理済み画像信号 $S_{proc}$ に基づく画像を不図示のモニタに表示する(ステップS28)。オペレータは表示された画像を観察し、ノイズ除去の程度を変更する必要がある(ステップS29)、どの程度変更するかを処理手段73に入力する。これにより処理手段73においては上記式(8)における強調係数 $\alpha$ ( $S_{org}$ )を変更してステップS27に戻り、ステップS28からステップS29の処理を行なう。ノイズ除去の程度が適切なものとなった場合にはステップS29が肯定されて処理を終了する。

【0125】このように、第3の実施形態においても、上記式(8)における強調係数 $\alpha$ ( $S_{org}$ )の値を変更することにより、原画像信号 $S_{org}$ から減算するノイズ信号 $S_1$ のレベルを任意に変更することができ、これにより、原画像信号 $S_{org}$ からのノイズ除去の程度を任意に変更することができる。

【0126】また、各周波数帯域において得られる処理済み信号 $H H_k'$ 、 $H L_k'$ 、 $L H_k'$ 、 $L L_n'$ はノイズ成分が低減される処理が施されているため、最終的に得られる処理済み画像信号 $S_{proc}$ においても、ノイズ成分が低減されたものとなる。したがって、ノイズが目立たなくなった高画質の画像を再現可能な処理済み画像信号 $S_{proc}$ を得ることができる。

【0127】次いで、本発明の第4の実施形態について説明する。図31は本発明の第4の実施形態による画像処理装置の構成を示す概略ブロック図である。

【0128】この図31は、上記第3の実施形態におけるノイズ分離手段72の構成を示した図24に対応するものであって、分離手段85に代えて、平滑化手段84を設けている点が異なる。なお、ウェーブレット変換手段61、画素ベクトル算出手段82、画素ベクトル修正手段83、および逆ウェーブレット変換手段64は上記第3の実施形態におけるものと同一であるため、ここでは詳細な説明は省略する。

【0129】平滑化手段84は、画素ベクトル修正手段

83において修正された修正画素ベクトルに基づいてウェーブレット変換係数信号に対して以下のようにして平滑化処理を施して平滑化信号を得るものである。なお、平滑化処理は各周波数帯域の帯域制限画像信号 $H H k$ 、 $H L k$ 、 $L H k$ に対して行なわれる。図32は平滑化手段84における平滑化処理を説明するための図である。注目画素を中心とする $3 \times 3$ の領域において各画素の画素値が図32(a)に示す値を有する場合、画素ベクトル(修正画素ベクトル)は図32(b)に示すものとなる。そして、図32(b)に斜線で示すように注目画素と画素ベクトル方向にある画素および画素ベクトル方向と反対方向にある画素を用いて平滑化フィルタによりフィルタリングを行なう。ここで、平滑化フィルタとしては、方向性を持っているフィルタであればどのようなフィルタを用いてもよく、例えば図33(a)に示す平均値フィルタや図33(b)に示す平滑化フィルタを用いることができる。図33(a)に示す平均値フィルタを用いた場合、図32(a)に示す画素値は図34(a)に示すように平滑化されて注目画素の画素値は101となる。また、図33(b)に示す平滑化フィルタを用いた場合、図34(b)に示すように注目画素の画素値は141となるように平滑化される。このように平滑化を行なうことにより、例えばエッジ上にノイズが混入されている場合に、そのノイズを目立たなくすることができる。また、エッジ上でなくとも平坦部において平滑化を行なうことにより、平坦部にあるノイズを目立たなくすることができる。なお、平滑化された帯域制限画像信号(ウェーブレット変換係数信号)を平滑化信号(平滑化帯域制限画像信号)とする。

【0130】なお、ここでは画素ベクトル方向にある画素および画素ベクトル方向と反対方向にある画素を用いて平滑化を行なっているが、画素ベクトル方向にある画素のみを用いて平滑化を行なってもよい。この場合、図32(a)に示す注目画素は99(= (101+98)/2)の値を有するように平滑化される。

【0131】また、注目画素の近傍48画素から画素ベクトルを求めた場合において、画素ベクトルの方向が図35に示す方向であった場合には、図35の斜線に示すように注目画素および画素ベクトル方向の画素(さらには画素ベクトルと反対方向の画素)を用いて平滑化を行えばよい。具体的には、図35に示す斜線で示す全7画素における画素値の平均値を注目画素の画素値とすればよい。

【0132】このようにして各周波数帯域の平滑化信号が求められたら、平滑化前の帯域制限画像信号 $H H k$ 、 $H L k$ 、 $L H k$ から、対応する平滑化信号を差し引くことにより、ノイズ帯域制限画像信号 $N H H k$ 、 $N H L k$ 、 $N L H k$ (すなわち $N B k = B k - B k'$ )を分離する。

【0133】以下、上記第3の実施形態と同様に、得ら

れたノイズ帯域制限画像信号 $N B k$ に対して逆ウェーブレット変換手段64において逆ウェーブレット変換が最高周波数帯域まで繰り返して行われることによりノイズ信号 $S 1$ が得られ、この得られたノイズ信号 $S 1$ に基づいて、演算器65において上記第1の実施形態と同様に式(8)に示すような演算が行なわれて処理済み画像信号 $S p r o c$ が得られる。

【0134】図36は第4の実施形態の動作を示すフローチャートである。図36に示すように、まず、原画像信号 $S o r g$ に対してウェーブレット変換手段61においてウェーブレット変換が行なわれて各周波数帯域毎のウェーブレット変換係数信号が得られる(ステップS31)。次に、各ウェーブレット変換係数信号に基づいて画素ベクトル算出手段82において上述したように画素ベクトルが算出される(ステップS32)。画素ベクトルの算出の後、画素ベクトル修正手段83において画素ベクトルが修正されて修正画素ベクトルが求められる(ステップS33)。そして、修正画素ベクトルに基づいて、各ウェーブレット変換係数信号に対して平滑化手段84において平滑化処理が施されて平滑化信号が得られた後(ステップS34)、該平滑化信号に基づいてノイズ成分を分離する処理が施されてノイズ帯域制限画像信号 $N B k$ が分離される(ステップS35)。以下第3の実施形態の動作を示すフローチャート(図30)に示すステップS27~29の処理を行なう。

【0135】ここで、原画像にノイズが混入している場合、画像中のエッジ成分にもノイズが含まれることとなる。この場合、画素ベクトルに基づいてノイズ成分を分離してエッジ成分を強調すると、エッジ成分に含まれるノイズをも強調してしまうこととなる。本実施形態においては、画素ベクトルや修正画素ベクトルの方向に基づいて平滑化手段84において平滑化処理を行っているため、エッジ成分を失うことなくエッジ上のノイズ成分を抽出でき、またエッジ以外の平坦部のノイズも抽出できるので、最終的には、エッジ上のノイズが目立たなくなるとともに、平坦部におけるノイズも目立たなくなり、高画質の画像を再現できる。

【0136】なお、画素ベクトルの大きさに基づいて、平滑化帯域制限画像信号のノイズ成分およびエッジ成分を分離した後、平滑化帯域制限画像信号に対して、ノイズ成分に対する平滑化処理および/またはエッジ成分に対する強調処理を施して処理済帯域制限画像信号を得、該処理済帯域制限画像信号を用いて平滑化前の帯域制限画像信号に含まれるノイズ信号を取得するようにすれば、エッジ上のノイズを目立たせることなくエッジ強調を行なうことができ、また平坦部のノイズを一層低減することができるので、一層高画質の画像を再現することもできる。

【0137】以上、本発明の好ましい実施の形態について説明したが、本発明は上記実施の形態に限定されるも

のではなく、発明の要旨を変更しない限りにおいて、種々変更することが可能である。

【0138】例えば、上記各実施形態においては、上記式(8)においてノイズ信号S1に乘算する強調係数を原画像信号Sorgの関数としているが、これに限定されるものではなく、定数としてもよい。

【0139】また、上記第3および第4の実施形態においては、画素ベクトル算出手段82において、注目画素の画素値とその近傍画素の画素値の平均値(あるいは近傍画素の画素値)との差が最も小さい方向を画素ベクトルの方向として求めているが、上記差が2番目に小さい方向を第2の画素ベクトルとして求めてもよい。あるいは信号勾配方向に画素ベクトルを求める場合には、上記差が2番目に大きい方向を第2の画素ベクトルとして求めてもよい。このように第2の画素ベクトルを求めることにより、例えば図37(a)に示すようにエッジ成分が屈曲して存在する場合においては図37(b)に示すように2つの画素ベクトルが求められる。そして、平滑化手段84において第1および第2の画素ベクトルの双方を用いて平滑化を行なうことにより、エッジ成分をその方向性を維持してより正確に平滑化することができる。

【0140】また、画像に含まれる比較的大きなエッジは低周波帯域の画像においても残るが、ノイズについては低周波帯域の画像ほど小さくなるものである。このため、ある周波数帯域における帯域制限画像の一の画素における画素ベクトルの方向を、低周波数帯域の画像における一の画素に対応する画素の画素ベクトルの方向と同じにすることにより、その画素がエッジ成分にある場合はその画素ベクトルはよりエッジ成分を表すものとなる。一方、その画素がノイズ成分にある場合は低周波帯域の画像の方が細かなノイズが小さくなることから、画素ベクトルはランダムな方向を向きかつ大きさはさらに小さくなるため、その画素ベクトルはより平坦部すなわちノイズ成分を表すものとなる。したがって、上記第3および第4の実施形態においては、画素ベクトル修正手段83において、上記分散値に基づく処理に代えてある周波数帯域のある画素における画素ベクトルの方向を、さらに低周波数帯域の画像における上記ある画素に対応する画素の画素ベクトルの方向と同じになるように修正することにより、その画素がエッジ成分にあるかノイズ成分にあるかの確度を向上させることができる。特に第3の実施形態においては、これにより分離手段85におけるノイズ成分およびエッジ成分の分離を正確に行なうことができる。

【0141】さらに、上記第3および第4の実施形態においては、画素ベクトル修正手段83において画素ベクトルを修正しているが、画素ベクトル算出手段82において算出された画素ベクトルをそのまま用いて、分離手段85はノイズ成分の分離を行ない、平滑手段84は平

滑化を行なうものとしてもよい。

【0142】また、例えば人体の胸部のように軟部および骨部から構成された被写体に互いにエネルギーの異なる放射線を照射して複数の放射線画像を得、これら複数の放射線画像を読み取ってこれら複数の放射線画像のそれぞれを表す複数の画像信号を得、これら複数の画像信号に基づいてエネルギーサブトラクション処理を行なって被写体の主として軟部が記録された軟部画像を表す軟部画像信号もしくは被写体の主として骨部が記録された骨部画像を表す骨部画像信号を求め、求められた軟部画像もしくは骨部画像を観察の対象とする場合がある。この場合において、軟部画像もしくは骨部画像のノイズ成分を低減するために、骨部画像信号に対して平滑化処理を施して第1の平滑化画像信号を求め、原画像信号から第1の平滑化画像信号を減算することにより軟部画像を表す軟部画像信号を求める第1の処理を行ない、さらに軟部画像信号に対して平滑化処理を施して第2の平滑化画像信号を求め、原画像信号から第2の平滑化画像信号を減算することにより、ノイズが除去された骨部画像信号を求める第2の処理を行ない、上記第1および第2の処理を繰り返すことにより、ノイズ成分を低減するようにしたエネルギーサブトラクション画像生成方法が提案されている(例えば特開平5-236351号)。ここで、このようなエネルギーサブトラクション画像生成方法において、平滑化画像を求める際に、本発明による処理を施すようにしてもよいものである。このように、エネルギーサブトラクション画像生成方法において、本発明による処理を施すことによって平滑化画像信号を求めることにより、ノイズ成分のみが低減されてエッジ成分を目立つものとすることができ、これにより高画質の軟部画像もしくは骨部画像を得ることができる。

【0143】また、上記第2～第4の実施形態においては、原画像信号Sorgに対してウェーブレット変換を施すことにより得られる信号に対して、上述したような画素ベクトルに基づく処理を施しているが、ウェーブレット変換のみならずラプラシアンピラミッド等、原画像信号Sorgを多重解像度変換する手法において得られる周波数帯域毎の帯域制限画像信号に対しても、上記と同様に処理を施すことができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施形態による画像処理装置の構成を示す概略ブロック図

【図2】原画像の主走査方向および副走査方向を示す図

【図3】帯域制限画像信号作成処理の概要を示すブロック図

【図4】帯域制限画像信号作成処理を模式的に示す図

【図5】フィルタリング処理に使用されるフィルタの一例を示す図

【図6】低解像度画像信号作成処理の詳細を示す図

【図7】補間処理に使用されるフィルタの一例を示す図

【図 8】 処理手段の構成を帯域制限画像信号作成手段とともに示す概略ブロック図

【図 9】 ノイズ分離手段の構成を示す概略ブロック図

【図 10】 アイリスフィルタを示す概念図

【図 11】 アイリスフィルタにおける勾配ベクトルを算出するマスクを示す図

【図 12】 空間フィルタの算出を説明するための図

【図 13】 変換処理を模式的に示す図

【図 14】 第 1 の実施形態の動作を示すフローチャート

【図 15】 本発明の第 2 の実施形態による画像処理装置の構成を示す概略ブロック図

【図 16】 ウェーブレット変換手段の構成を示す概略ブロック図

【図 17】 ウェーブレット変換部において行なわれる処理を示すブロック図

【図 18】 ウェーブレット変換係数信号を複数の周波数帯域毎に示す図

【図 19】 処理手段の構成を帯域制限画像信号作成手段とともに示す概略ブロック図

【図 20】 逆ウェーブレット変換を説明するための図

【図 21】 逆ウェーブレット変換手段において行なわれる処理を示すブロック図

【図 22】 第 2 の実施形態の動作を示すフローチャート

【図 23】 本発明の第 3 の実施形態による画像処理装置に使用される処理手段の構成を帯域制限画像信号作成手段とともに示す概略ブロック図

【図 24】 本発明の第 3 の実施形態による画像処理装置に使用されるノイズ分離手段の構成を示す概略ブロック図

【図 25】 画素ベクトルの算出を説明するための図（その 1）

【図 26】 画素ベクトルの算出を説明するための図（その 2）

【図 27】 ウェーブレット変換係数信号を示す図（その 1）

【図 28】 ウェーブレット変換係数信号を示す図（その 2）

【図 29】 分離手段における画素ベクトルの参照結果を示す図

【図 30】 第 3 の実施形態の動作を示すフローチャート

【図 31】 本発明の第 4 の実施形態による画像処理装置の構成を示す概略ブロック図

【図 32】 平滑化処理を説明するための図（その 1）

【図 33】 平滑化フィルタの一例を示す図

【図 34】 平滑化された画素値を示す図

【図 35】 平滑化処理を説明するための図（その 2）

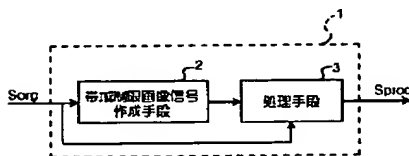
【図 36】 第 4 の実施形態の動作を示すフローチャート

【図 37】 平滑化処理の他の例を説明するための図

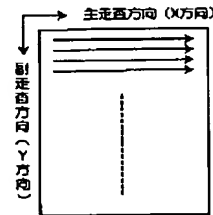
【符号の説明】

- 1, 51 画像処理装置
- 2 帯域制限画像信号作成手段
- 3, 53, 73 処理手段
- 10 フィルタリング処理手段
- 11, 24 補間処理手段
- 12 減算器
- 22, 62, 72 ノイズ分離手段
- 25 加算器
- 26, 65 演算器
- 52 ウェーブレット変換手段
- 61 ウェーブレット変換部
- 64 逆ウェーブレット変換手段

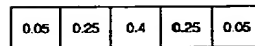
【図 1】



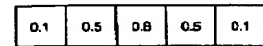
【図 2】



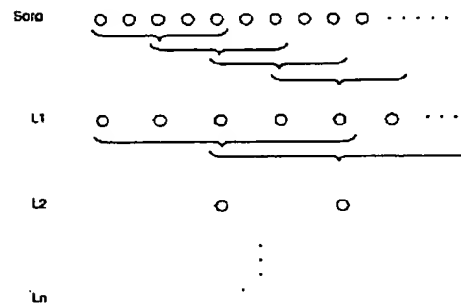
【図 5】



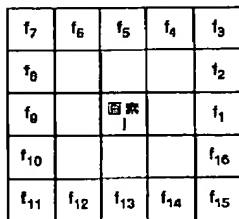
【図 7】



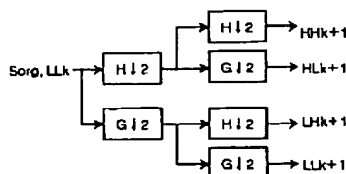
【図 6】



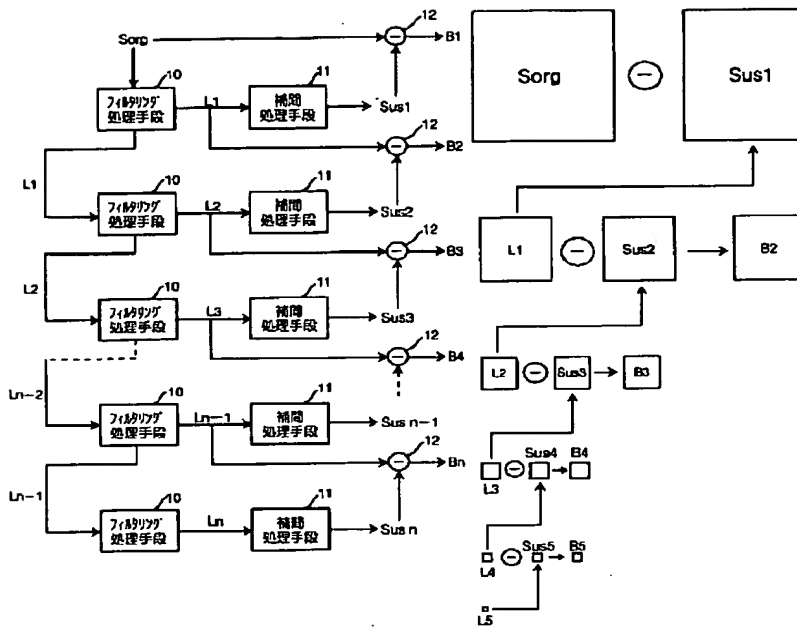
【図 11】



【図 17】

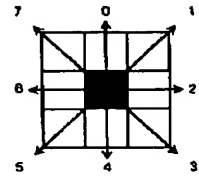


【図3】

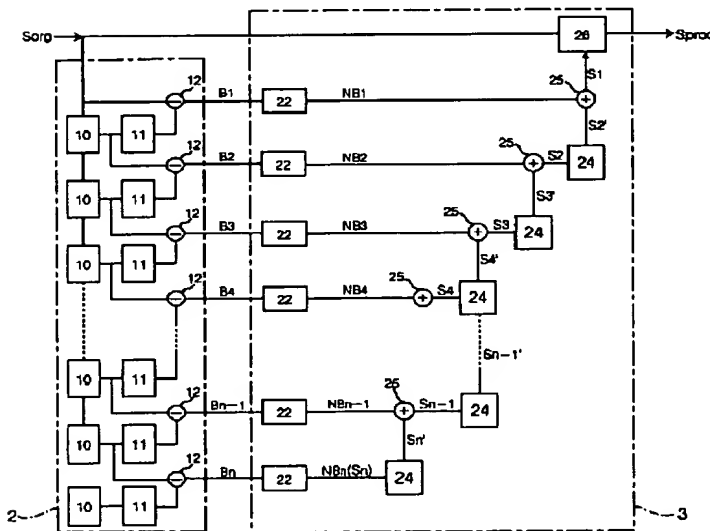


【図4】

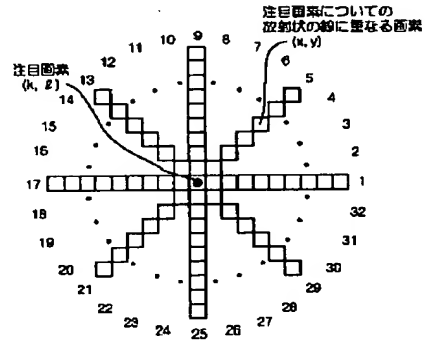
【図26】



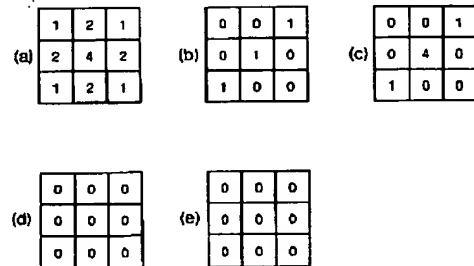
【図8】



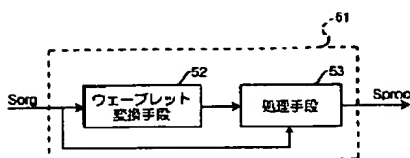
【図10】



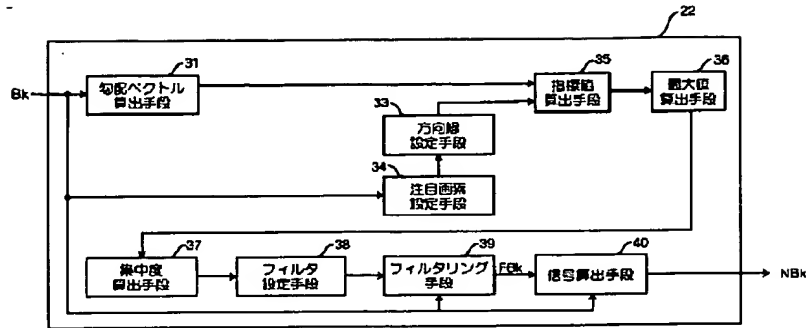
【図12】



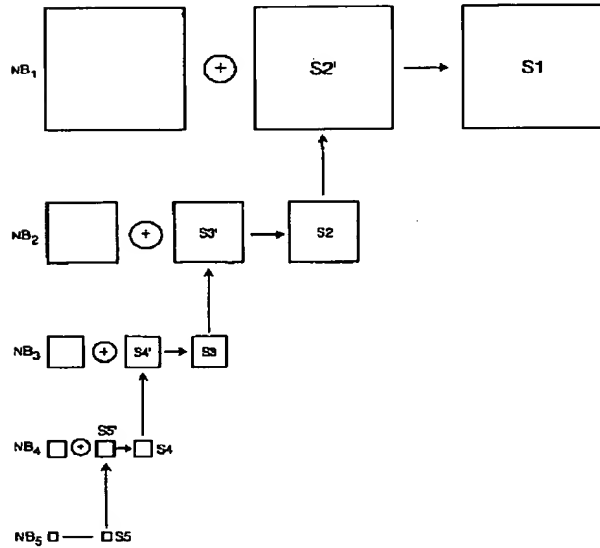
【図15】



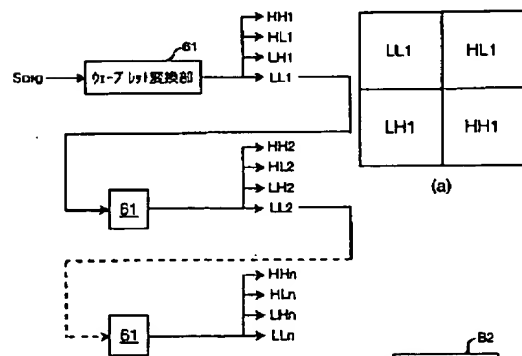
【図9】



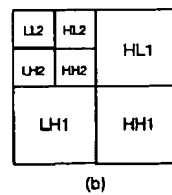
【図13】



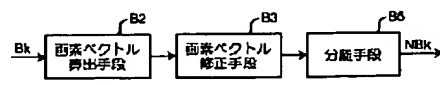
【図16】



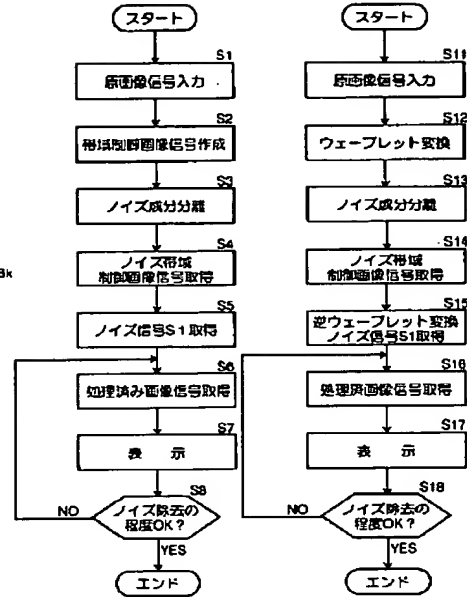
【図18】



【図24】

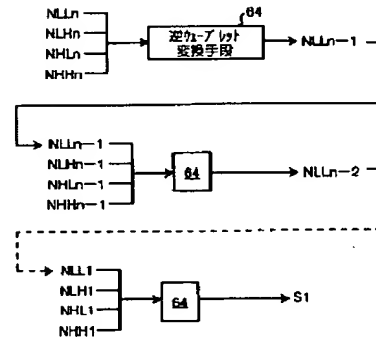


【図14】

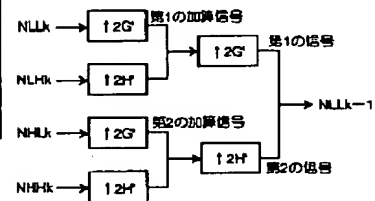


【図22】

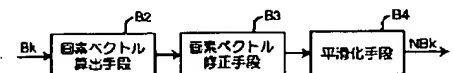
【図20】



【図21】

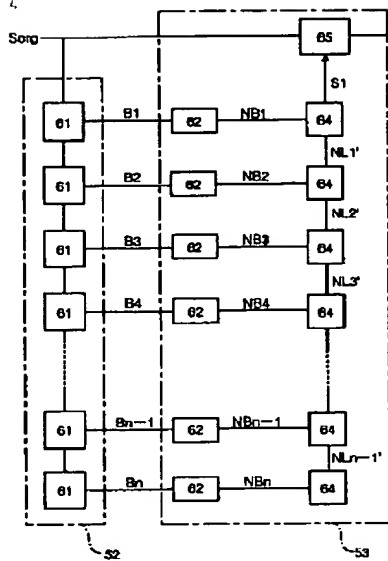


【図31】

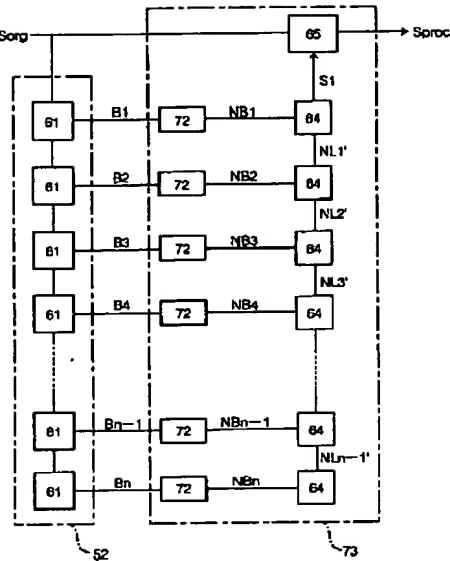




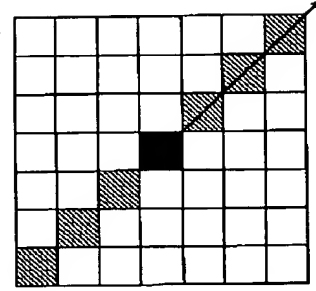
【図19】



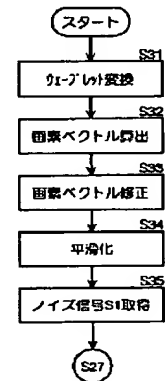
【図23】



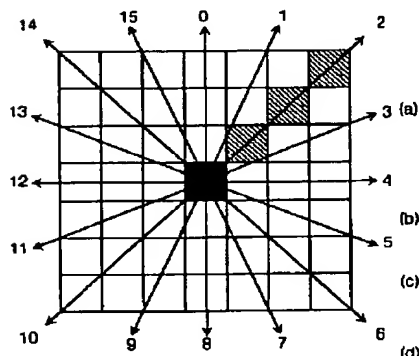
【図35】



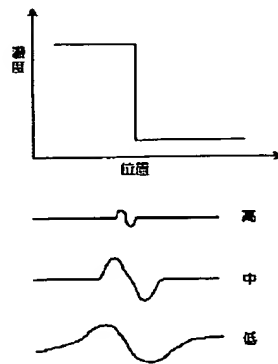
【図36】



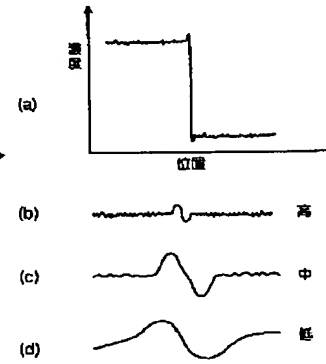
【図25】



【図27】



【図28】



【図29】

|   |   |   |
|---|---|---|
| 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 |

(a)

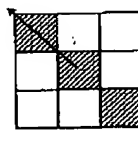
|   |   |   |
|---|---|---|
| 3 | 8 | 3 |
| 7 | 1 | 5 |
| 2 | 3 | 4 |

(b)

|     |    |     |
|-----|----|-----|
| 101 | 71 | 27  |
| 67  | 88 | 63  |
| 31  | 58 | 105 |

(a)

【図32】



(b)

【図33】

|     |     |     |
|-----|-----|-----|
| 1/3 | 0   | 0   |
| 0   | 1/3 | 0   |
| 0   | 0   | 1/3 |

(a)

|      |      |      |
|------|------|------|
| 1/4  | 1/16 | 0    |
| 1/16 | 1/4  | 1/16 |
| 0    | 1/16 | 1/4  |

(b)

【図34】

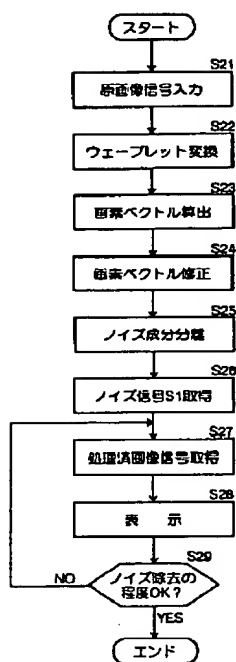
|     |     |     |
|-----|-----|-----|
| 101 | 0   | 0   |
| 0   | 101 | 0   |
| 0   | 0   | 101 |

(a)

|     |     |     |
|-----|-----|-----|
| 141 | 35  | 0   |
| 35  | 141 | 35  |
| 0   | 35  | 141 |

(b)

【図 30】



【図 37】

